

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

НАМАНГАНСКИЙ ИНЖЕНЕРНО- СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Б. Ш. РИЗАЕВ, Б. Д. ДЕДАХАНОВ

**ПРОЧНОСТЬ, ДЕФОРМАТИВНОСТЬ И ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ
ВНЕЦЕНТРЕННО-СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В
УСЛОВИЯХ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА**

**Ташкент
LESSON PRESS
2019**

УДК.624.01241:

666.973.2./575/

Ответственный редактор

С. Ж. Раззаков доктор технических наук, профессор

Рецензенты:

С. Ж. Раззаков- доктор технических наук, профессор НамИСИ

А.Р Юсупов - Кандидат технических наук, доцент ФерПИ

Б. Ш. РИЗАЕВ, Б. Д. ДАДАХАНОВ

Прочность, деформативность и трещиностойкость внецентренно-сжатых железобетонных элементов в условиях сухого жаркого климата

Монография- Ташкент Издательство 2019

В монографии исследованы особенности изменения прочностных и деформативных характеристик тяжелого бетона и внецентренно-сжатых железобетонных элементов из тяжелого бетона эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата.

Разработаны методы расчета, экспериментальных исследований внецентренно сжатых железобетонных элементов из тяжелого бетона эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата.

Установлены особенности изменения прочностных и деформативных характеристик тяжелого бетона и внецентренно-сжатых железобетонных элементов при кратковременном и длительном сжатии в условиях сухого жаркого климата.

Установлены закономерности температурно-усадочных и упруго-пластичных деформаций бетона и изучены распределения температуры по сечению железобетонных элементов в натуральных условиях сухого жаркого климата.

Получены данные о прочности, об образовании и раскрытии трещин во внецентренно сжатых железобетонных элементах при различных эксцентриситетах воздействия кратковременной и длительной продольной силы в условиях сухого жаркого климата.

Полученные результаты основаны в результате многолетних теоретических и экспериментальных исследований автора.

Монография предназначена для студентов и магистрантов обучающихся в строительных институтах, инженерно-техническим работникам строительных и проектных организаций осуществляющих строительство в условиях сухого жаркого климата и может быть полезен для исследователей, ведущих научные исследования в этой области

УДК.624.01241:

666.973.2./575/

Рекомендовано к изданию учёным Советом Наманганского инженерно-строительного института («9 июля 2019 г. Протокол № 14)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....

Глава I. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ....

- 1.1. Влияние температурно-влажностного режима сухого жаркого климата на прочностные и деформативные свойства бетона.....
- 1.2. Анализ влияния сухого жаркого климата на работу железобетонных элементов.....
- 1.3. Задачи исследований.....

Глава 2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....

- 2.1. Изготовление опытных образцов.....
- 2.2. Методика определения температуры бетона по сечению железобетонных колонн.....
- 2.3. Методика испытания колонн кратковременной нагрузкой.....
- 2.4. Методика испытания колонн длительно действующей нагрузкой.....
- 2.5 Методика определения прочности и модуля упругости бетона в условиях сухого жаркого климата.....
- 2.6 Методика определения ползучести бетона в условиях сухого жаркого климата.
- 2.7.Методика определения температурно-усадочных деформаций бетона в условиях сухого жаркого климата.....

Глава 3. ВЛИЯНИЕ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА НА РАБОТУ ВНЕЦЕНТРЕННО-СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....

- 3.1. Температура и влажность воздуха во время проведения испытаний.....
- 3.2 Распределение температуры и влажности в бетоне по сечению колонн.....
- 3.3 Физико-механические свойства бетона в условиях сухого жаркого климата.....
- 3.4. Деформация растянутой арматуры и крайнего сжатого волокна бетона

колонн.....	
3.5. Образование трещин и ширина их раскрытия в колоннах.....	
3.6. Прочность внецентренно-сжатых колонн.....	
3.7. Выводы.....	
4. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.....	
4.1 Рекомендации по расчету внецентренно-сжатых железобетонных элементов в условиях сухого жаркого климата	
4.2. Внедрение результатов работы.....	
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.....	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	

ВВЕДЕНИЕ

Дальнейшее развитие капитального строительства в Республике Узбекистан предусматривает увеличение объемов производства и применения сборного и частично монолитного железобетона. Климатические условия Республики Узбекистан отличаются резкой континентальностью.

В летний период температура воздуха может превышать $+40^{\circ}\text{C}$, при этом относительная влажность падает до 10-15 % и ниже. В таких климатических условиях от прямого попадания солнечной радиации поверхность железобетонных и бетонных конструкций нагревается до $70-80^{\circ}\text{C}$. При этом появляются значительные деформации усадки бетона, приводящие к образованию и раскрытию трещин на поверхности железобетонных и бетонных конструкций.

Колебания температуры и влажности воздуха в течении суток и сезона года (лето и зима) неблагоприятно влияют на формирование структуры бетона. Интенсивное обезвоживание бетона при повышенной температуре и низкой относительной влажности среды приводит к снижению его прочности и модуля упругости. Большой суточный перепад температуры вызывает неравномерное распределение температурных напряжений по сечениям бетона. Проектирование и строительство железобетонных конструкций для сухого жаркого климата без учета деформаций, усилий, вызванных изменением повышенной температуры и пониженной влажности приводит к раннему образованию трещин в бетоне, чрезмерному их раскрытию, а также к большими деформациям конструкции.

Одним из самых важных факторов повышения надежности и долговечности конструкций зданий и сооружений, особенно для Республики Узбекистан, является дальнейшее совершенствование методов их расчета с учетом реальных условий эксплуатации.

В связи с этим актуальной задачей является проведение экспериментально

теоретических исследований прочности и трещиностойкости внецентренно сжатых железобетонных элементов из тяжелого бетона под воздействием силовых факторов и неблагоприятных влияний условий сухого жаркого климата.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

1.1. Влияние температурно-влажностного режима сухого жаркого климата на прочностные и деформативные свойства бетона.

Железобетонные конструкции прочно занимают ведущее место в общем объеме капитального строительства и во многих случаях внешняя среда значительно влияет на их работу. Одним из наиболее распространенных факторов внешней среды является солнечная радиация, климатическая температура и влажность сухого жаркого климата.

Бетонные и железобетонные конструкции, эксплуатируемые в условиях жаркого климата, систематически подвергаются совместному воздействию внешней нагрузки и среды. Под воздействием факторов внешней среды бетонные и железобетонные конструкции претерпевают вынужденные деформации, которые вызывают изменение их деформированного состояния.

Оценка изменения их напряженно-деформированного состояния, вызываемого климатическими воздействиями, требует учета изменчивости во времени физико-механических свойств бетона. В последнее время все большее внимание уделяется исследованиям физико-механических свойств бетонов и работы железобетонных конструкций в условиях повышенной температуры и низкой влажности среды, характерных для районов с сухим жарким климатом. В изучение свойств бетона в условиях сухого жаркого климата, значительный вклад внесли работы: С. А. Александровского /1, 2/, А.Б. Ашрабова /3, 4/, Б. А. Аскарора /6, 7/, Ю. М. Баженова /8/, Х. У. Камбарова /15,16,24,25/, Б. А. Крылова /17/, А. Ф. Милованова /22, 23, 24, 25/, Л. А. Малининой /26/, С. А. Миронова /27/, Р. К. Мамажанова /29, 30/, Т. Мукумов /38/, А. М. Мухитдинова /33/, Е. Р. Низамова /41/, В.Е. Пунагина /45, 46/, М. М. Селимова /53/, Г. И. Ступакова

/51, 52/, О.Г. Тарасова/59,60/, А. Е. Федорова /62/, Е.Н.Щербакова /67, 68,69/, Ш.Шоджалилова /66/, Р. Р. Юсупова /72/ и др.

Из зарубежных данных известны работы А. Аббаси /78/, М. Абрамса /80/, З. Базанта /85/, К. Нассера /81/, С. Сафарина /83/, Р. Шалона /82/, Д. Ханната /84/ и ряда других.

Влияние повышенных технологических температур и влажности на прочностные и деформативные свойства бетона и железобетона исследовано В. И. Мурашевым /35,36/, В.Н.Самойленко /54/, К. Д. Некрасовым / 43,44 /, В. В, Фигаровским / 63,64 /, А. П. Кричевским /19,20 /. При анализе опытных данных выше отмеченных работ, прежде всего можно обнаружить то обстоятельство, что многие из них были получены в лабораторных условиях при постоянной температуре и влажности. Тем не менее, результаты указанных работ представляют собой большой интерес, т. к. без их обширного анализа, на наш взгляд, нельзя представить насколько сложны процессы, происходящие в структуре бетона и картину напряженно-деформированного состояния бетона, находящегося в условиях сухого жаркого климата. Как известно, прочность бетона на сжатие - это наиболее важная характеристика для проектирования бетонных и железобетонных конструкций. Через этот показатель нормируются многие другие его свойства, так например, модуль упругости, прочность при растяжении, предельные деформации и др.

Особенности формирования структуры бетона, твердеющего в условиях сухого жаркого климата зависят в основном от влияния двух противоположно действующих факторов: ускоренной гидратации вяжущего, вызванной повышенной температурой наружного воздуха и интенсивным испарением влаги из бетона под воздействием пониженной влажности воздуха /45,46/. Быстрый набор прочности цементного камня на ранних этапах твердения приводит к образованию плотных оболочек новообразований, препятствующих доступу воды к негидратированным цементным зернам. При этом гидратация протекает быстро и условия для дальнейшего роста прочности ограничены. Одновременно с

этим происходит процесс возникновения и развития микротрещин от пластической усадки бетона, которые, в свою очередь, в дальнейшем снижают прочность бетона. Снижение прочности бетона в условиях сухого жаркого климата на 15... 20% отмечалось в работах /29,45,46/. Нарушение структуры бетона обусловлено также значительными периодическими изменениями температуры и влажности бетона как в течении суток, так и в продолжении сезона, которые препятствуют дальнейшему повышению прочности. Солнечная радиация и ветер вызывают добавочное нагревание и высушивание бетона, которые способствуют более интенсивному нарушению структуры бетона и снижению его прочности. При изготовлении железобетонных конструкций в жаркий (летний) период происходит большее снижение прочности бетона, чем при изготовлении конструкций в холодный (зимний) период года.

Бетон в более массивных конструкциях менее подвержен влиянию сухого жаркого климата. Изменение призмочной прочности в разных режимах среды изучено в работах /3,12,59/. В опытах отмечалось снижение призмочной прочности бетона при повышении температуры.

При 60°C наблюдалось снижение призмочной прочности на 10 % от призмочной прочности бетона при 45°C . Повышение относительной влажности воздуха в пределах от 30 - до 80 % при постоянной температуре 45°C не влекло за собой изменение призмочной прочности бетона. В работе /39/ отмечается, что значения коэффициента призмочной прочности бетона $K_{вс}$ в условиях сухого жаркого климата выше нормативного. Снижение прочности бетона, вызванное негативными явлениями сухого жаркого климата, необходимо учитывать при расчете железобетонных конструкций путем умножения на коэффициент условия работы бетона, учитывающий воздействие солнечной радиации, длительности нагревания и охлаждения, влажности наружного воздуха и массивности конструкции.

Расчетные сопротивления бетона сжатию умножают на коэффициент условия работы бетона при сжатии $\gamma_{б7}$

$$R_{btem} = R_b \cdot \gamma_{b7} \quad (1.1)$$

Расчетное сопротивление бетона растяжению умножают на коэффициент условия работы бетона при растяжении

$$R_{bt.t} = R_{bt} \cdot \gamma_{tt} \quad (1.2)$$

Значения коэффициентов условий работы бетона при сжатии для относительной влажности воздуха 40 % в не массивных конструкциях при $h_{red} \leq 10 \cdot 0,8$ при нагреве и 0,75 при попеременном нагреве и охлаждении наружного воздуха. /24/.

Значения коэффициента условия работы бетона при растяжении для относительной влажности воздуха 40 % в не массивных конструкциях при $h_{red} \leq 10$ принимаются 0,75 при нагреве и 0,70 при попеременном нагреве и охлаждении наружного воздуха.

Обеспечение надежности и долговечности железобетонных конструкций в условиях сухого жаркого климата зависит от правильного учета деформативных свойств бетона. Деформирование бетона под воздействием внешней нагрузки сопровождается развитием упругих и пластических деформаций, а также образованием микроразрушений в структуре бетона.

Границами, отражающими качественные изменения структуры бетона, являются Берговские параметрические уровни микротрещинообразования $R_{счс}^{\circ}$, $R_{счс}^V$. Нижняя граница $R_{счс}^{\circ}$ характеризует начало образования структурных микротрещин, верхняя указывает на лавинообразное развитие трещин в бетоне.

В условиях сухого жаркого климата структурные характеристики бетона $R_{счс}^{\circ}$ и $R_{счс}^V$ которые зависят от уровня обжатия бетона, снижаются на 10... 20 %. При уровне обжатия $0,45 R_{np}$ у тяжелого бетона /24/.

$$R_{счс}^{\circ} = 0,30 \sigma / R_{b.tem} \quad (1.3)$$

$$R_{счс}^V = 0,65 \sigma / R_{b.tem} \quad (1.4)$$

Нарушение сплошности бетона, твердеющего в сухом жарком климате,

способствует более раннему возникновению микротрещин и их рост под нагрузкой приводят к снижению модуля упругости бетона.

При нагреве бетона до 100°C значения модуля упругости бетона при сжатии может уменьшаться до 30 %. Сухой жаркий климат отрицательно влияет на модуль упругости бетона. Установлено, что при изменении температуры бетона с 45 до 75°C с постоянной относительной влажностью среды 30 %, модуль упругости бетона снижается до 30%.

Снижение модуля упругости бетона учитывается коэффициентом β_b

$$E_{bt} = E_b \cdot \beta_b \quad (1.5)$$

Для относительной влажности бетона 40 %, и не массивных конструкций при $h_{\text{red}} \leq 10$ значение коэффициента принимают 0,75 для нагрева и 0,70 для попеременного нагрева и охлаждения. В бетоне, находящемся в условиях сухого жаркого климата под воздействием нагрузки, кроме увеличения упругих деформаций развиваются еще пластические деформации.

Развитие пластических деформаций бетона оценивается коэффициентом упругости бетона ν , который представляет собой отношение упругой к полной деформации. Значения коэффициента упругости бетона $\bar{\nu}$, характеризующего упруго-пластическое состояние сжатого бетона, при определении приведенного сечения бетона и жесткости сечения элемента без трещин для относительной влажности воздуха 40 % принимают равным при кратковременном нагружении 0,80 и при длительном нагружении 0,30; значение коэффициента упругости бетона характеризующего упруго-пластическое состояние бетона сжатой зоны для относительной влажности воздуха 40 %, принимают при кратковременном нагружении 0,40, и при длительном нагружении 0,10.

При воздействии сухого жаркого климата наблюдается рост упругих и пластических деформаций бетона. В результате этого увеличиваются примерно на 10...20 % предельные деформации бетона при сжатии и растяжении.

Для тяжелого бетона предельные деформации сжимаемости составляют $190...210 \cdot 10^{-5}$. Предельные деформации растяжимости в тяжелом бетоне

принимают равным $15...20 \cdot 10^{-5}$. Важной характеристикой развития длительных деформаций при эксплуатации железобетонных конструкций в сухом жарком климате являются деформации ползучести бетона. Закономерности развития деформации ползучести бетона для конструкций, защищенных от солнечной радиации в сухом жарком климате исследованы группой ученых под руководством Е. Е Щербакова /37/.

Ими установлено, что в указанных условиях наблюдается увеличение деформаций ползучести бетона, от которых зависят эксплуатационные свойства железобетона.

Быстрый рост прочности на ранних этапах твердения бетона и развитие микроразрушений в его структурах от суточных и сезонных колебаний температуры воздуха существенно сказывается на развитии деформации ползучести и они в 1,5 раза больше, чем при нормальных условиях твердения.

В природных условиях сухого жаркого климата деформации ползучести бетона не имеют плавного очертания с монотонным во времени уменьшением скорости роста деформаций, характерным для постоянных температурно-влажностных условий. В сухом жарком климате деформации ползучести развиваются преимущественно в теплое время года. Кривые деформации ползучести бетона приобретают более или менее ярко выраженный ступенчатый характер развития (рис. 1.1.). /30/

Чем больше разница между изменением температуры и влажности воздуха в теплое и холодное время года тем более ярко проявляется ступенчатый характер развития деформаций ползучести. Степень влияния сухого жаркого климата существенно зависит от массивности элемента. Чем меньше размеры сечения элемента, тем в большей степени проявляется влияние температурно-влажностных изменений в условиях сухого жаркого климата. Влияние размеров сечения и климатических условий в наибольшей степени сказывается в ранние сроки эксплуатации конструкции и это влияние уменьшается в более длительное время. /30/. Деформации ползучести бетона зависят от времени года нагружения

конструкций. Наибольшие деформации ползучести при прочих равных условиях имеет бетон, нагруженный в летнее, более теплое время года.

Поэтому при расчете деформаций ползучести бетона необходимо учитывать фактическую относительную и сезонную (среднемесячную) влажность воздуха в период нагружения конструкции. Расчетные значения меры ползучести бетона вычисляются по гиперболической зависимости с двумя числовыми параметрами C_u и α_n , представляющими собой верхнюю огибающую кривую фактической кривой деформации ползучести бетона

$$C = C_u \frac{\Delta\tau}{\alpha_n + \Delta\tau} \quad (1.6)$$

Удельная ползучесть

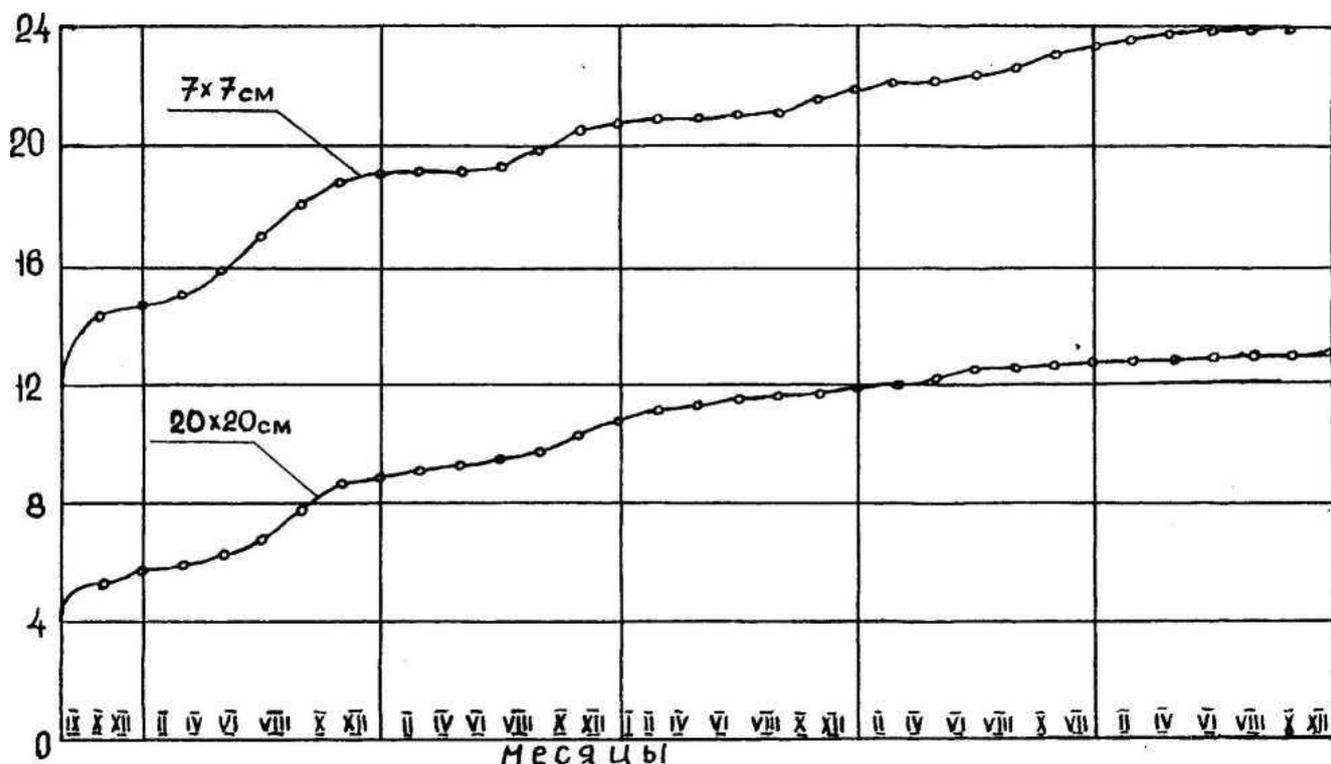


Рис. 1.1. Развитие во времени деформаций ползучести

бетона в призмах сечением 7 х 7 , и 20 х 20 см в условиях сухого жаркого климата / 30 /.

где $\Delta\tau$ - время от приложения нагрузки к заданному времени эксплуатации, сут. Параметр роста скорости деформаций ползучести бетона во времени α_n

принимают по табл. 1.1 /49/ в зависимости от сезона нагружения (теплое или холодное время года) и приведенного сечения элемента /24. 49/.

Таблица 1.1

Время года нагружения конструкции	Значения параметра a_n для элемента с учетом приведенной высоты сечения $h_{red} \leq 10$ (см.)						
	3,5 и менее	5.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50 и более
Теплое /летнее/	25	35	50	90	120	160	200
Холодное /зимнее/	40	60	90	150	210	270	330

Примечание. При нагружении конструкций в зависимости от времени года (весна, осень) отличные от указанных табл. 1.1. значения параметра a_n принимают по линейной интерполяции.

Предельные значения деформаций ползучести бетона, в зависимости от расхода воды затворения бетонной смеси и фактического условия эксплуатации конструкции определяют по формуле

$$C_u = C \cdot \varphi_t \cdot \varphi_n \cdot \varphi_w \quad (1.7)$$

Значения коэффициента φ_t устанавливают, по таблице 1.2. в зависимости от относительной прочности бетона при нагружения элемента в возрасте до 28 суток и времени нагружения (возраста бетона), если он более 28 суток /24. 49/.

Значения коэффициента φ_n устанавливают, по таблице 1.3 в зависимости от сезона нагружения конструкции и приведенной высоты сечения элемента /24. 49/.

Таблица 1.2.

Значения коэффициента φ_t зависимости от относительной прочности бетона R_t/R_b и времени нагружения t в сутках									
0,6	0,7	0,8	0,9	1,0				1	
		28		28	45	60	90	180	360 и более
1,5	1,40	1,25	1,15	1,0	0,90	0,85	0,75	0,65	0,6

Таблица 1. 3

Время года	Значения коэффициента φ_n для элемента с учетом
------------	---

изготовления или агружения конструкции	приведенной высоты сечения h_{red} (см)				
	3.5	5.0	10.0	20.0	30.0 и более
Теплое /летнее/	1.80	1.50	1.05	0.85	0,75
Холодное /зимнее/	0,90	0,80	0,70	0,65	0,60

Примечание, при нагружении элемента в зависимости от времени года (весна, осень) значения коэффициента φ_n принимают по линейной интерполяции. Значения коэффициента φ_w учитывающего влажность наружного воздуха, принимают при относительной влажности воздуха во время нагружения конструкции:

$\leq 20\%$ -1,5	70%-1,0
40%-1,3	80%-0,9
50%-1,2	$\geq 90\%$ -0,8

За нормативное значение удельных деформаций меры линейной ползучести бетона C^{-1} (МПа) принимают предельное значение относительных деформаций ползучести на единицу постоянно действующих напряжений в бетоне (в МПа) при времени $\tau \rightarrow \infty$, приложенных в возрасте 28 суток естественного твердения к бетонному элементу с поперечным сечением 10x10см в условиях постоянной относительной влажности воздуха 70% . Нормативное значение удельных деформаций линейной ползучести бетона C вычисляют по формуле (1.8)

$$C = 1.25 \cdot 10^{-6} \frac{W}{B} \quad (1.8)$$

где W - расход воды затворения на 1000 л бетонной смеси;

B - класс бетона по прочности на сжатие, МПа.

При отсутствии данных о составе бетонной смеси значение удельной деформации ползучести бетона определяют в зависимости от класса бетона, по прочности на сжатие и подвижности бетонной смеси, характеризуемой осадкой стандартного конуса. При классе бетона по прочности на сжатие В-15 ... В-40 и осадке стандартного конуса до 7 см значения удельных деформаций ползучести рекомендуется принимать от 68 до $140 \cdot 10^{-6}$.

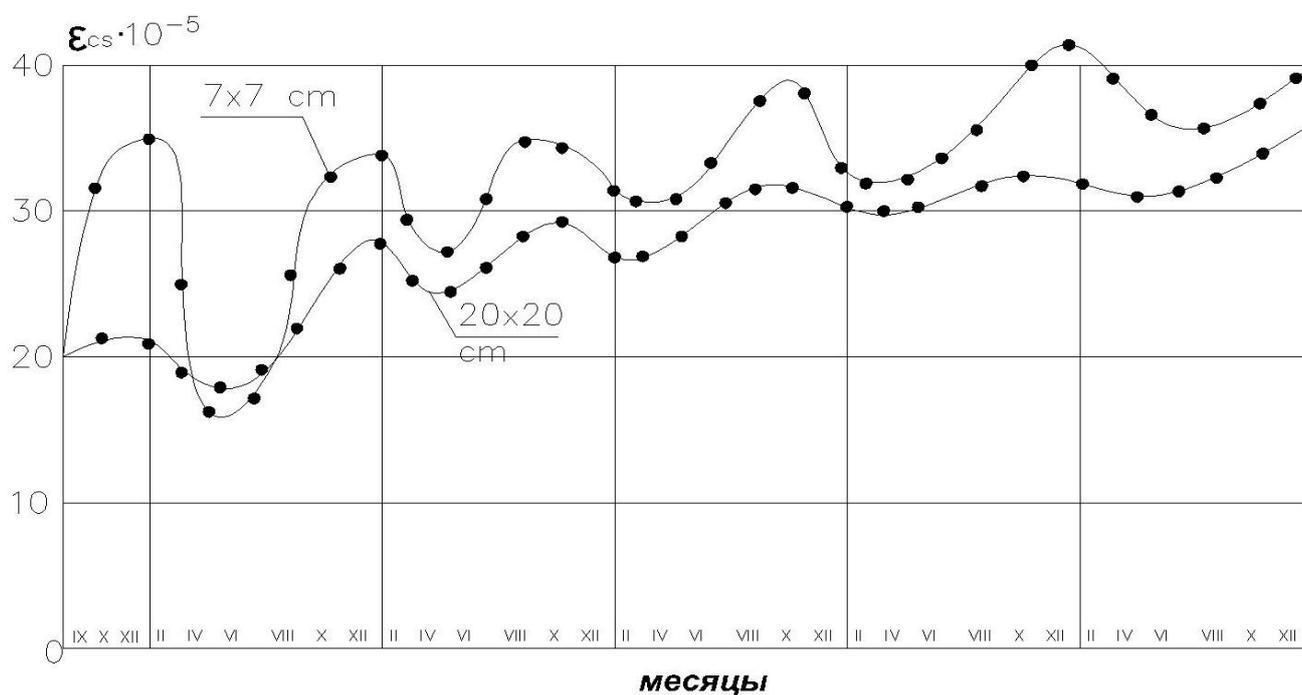
При твердении бетона в сухом жарком климате происходит взаимодействие двух противоположных процессов конструктивных и деструктивных. Чем больше преобладают конструктивные процессы, тем более глубокой и плотной будет гидратация цемента, интенсивнее протекают физико-химические процессы твердения, быстрее идет набор прочности бетоном, и бетон получается более стойким в жарком климате. При отсутствии надлежащего ухода за бетоном происходит обезвоживание свежееуложенного бетона. Бетон в сухую погоду в течение первых суток теряет 50...70 % воды затворения.

Интенсивное испарение влаги из поверхности свежееуложенного бетона вызывает пластическую и влажностную усадку бетона. Пластическая усадка бетона происходит сразу после формирования бетонной смеси, когда она еще полностью не затвердела. Пластическая усадка бетона вызывает образование поверхностных трещин. Поэтому для предотвращения испарения воды из бетона сразу после формирования должен осуществляться влажностный уход за бетоном. Всякая задержка с начала ухода за бетоном свыше 20...30 мин. уже способствует развитию пластической усадки бетона. Влажностный уход за бетоном сразу после завершения формирования изделия или конструкции снижает возможность появления пластической усадки и растрескивания открытых поверхностей бетона. Минимальная продолжительность начального ухода за свежееуложенным бетоном с целью получения наименьшей пластической усадки в жаркую сухую погоду составляет 6 ... 7 часов /32/.

Дальнейший уход за бетоном не существенно влияет на последующее развитие деформации пластической усадки бетона, но он необходим для формирования плотной структуры бетона и набора 50 ...70 % прочности на сжатие. Бетон тщательно укрывают влагонепроницаемыми или влажными материалами в течение 8 ...10 суток постоянно держат бетон во влажных условиях, не допуская его высыхания. В природных условиях сухого жаркого климата влажностные деформации усадки бетона развиваются по некоторой циклической кривой затухающей от сезонного изменения влажности наружного

воздуха (рис. 1.2).

В теплое сухое время года в бетоне наблюдается наибольшее развитие деформаций усадки, которое в холодное влажное время года постепенно прекращает свое развитие и переходит в деформации набухания бетона. Однако деформации набухания меньше деформации усадки бетона. Амплитуда цикла влажностных деформаций усадки и набухания со временем уменьшается, но в конечном итоге в бетоне остаются влажностные деформации усадки. Деформации влажностной усадки бетона тем больше, чем меньше сечение элемента и меньше относительная влажность воздуха. Влияние размеров сечения элементов на деформации усадки бетона в наибольшей степени проявляется в начальные сроки эксплуатации конструкции. Максимальные значения деформации влажностной усадки бетона наблюдаются при изготовлении элемента в теплое сухое время года. Расчетные значения деформации усадки бетона к заданному времени



эксплуатации вычисляют с помощью гиперболической зависимости.

Рис. 1.2. Развитие во времени деформаций усадки бетона в призмах поперечного сечения 7x7, и 20x20 см в условиях сухого жарково климата.

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cs1} \frac{\Delta\tau}{\alpha_{cs} + \Delta\tau} \quad (1.9)$$

где Δt - время в сут. от окончания влажного хранения бетона до заданного срока эксплуатации. Параметр α_{cs} - скорость роста деформаций усадки бетона, значение которого принимают по табл. 1.4 /24,49/ в зависимости от сезона изготовления и приведенной высоты сечения.

Таблица 1.4

Время года изготовления конструкции	Значения параметра для элемента α_{cs} с приведенной высотой сечения h_{red} , (см)						
	3,5 и мен.	5,0	10,0	20,0	30,0	40	50 и более
Теплое /летнее/	15	20	40	80	120	160	200
Холодное /зимнее/	40	60	120	240	360	480	600

Примечание. При изготовлении конструкций отличных от указанных в табл. 1.4 значения параметра α_{cs} принимают по линейной интерполяции.

Расчетные предельные значения деформаций усадки бетона вычисляют исходя из относительной сезонной (среднемесячной) влажности воздуха в период изготовления конструкции.

Предельные расчетные значения деформаций усадки бетона, соответствующие расходу воды затворения бетонной смеси и фактическим условиям эксплуатации конструкций вычисляют по формуле.

$$\epsilon_{cs_1} = \epsilon_{cs} \cdot \varphi_n \cdot \varphi_w \quad (1.10)$$

Значение коэффициента φ_n находят по табл. 1.3 в зависимости от сезона изготовления конструкции и приведенной высоты сечения.

Значение расчетной деформации усадки бетона ϵ_{cs} для бетона класса по прочности на сжатии В25 ... В65 и осадке стандартного конуса до 7 см принимают равными (270 ...400). 10^{-5} . Значения коэффициента φ_w учитывающего относительную влажность наружного воздуха к началу высыхания бетона определяют так же как при расчете деформаций ползучести бетона.

Значения деформаций усадкм бетона вычисляют по формуле

$$\varepsilon_{cs} = 0.125 \cdot 10^{-6} \cdot w \cdot \sqrt{w} \quad (1.11)$$

Влажностную деформацию усадки бетона в холодное, более влажное время года с учетом обратимой влажностной деформации набухания при необходимости можно рассматривать как разность деформации усадки бетона ε_{cs} определенные по формуле (1.9) и деформаций набухания вычисленных по формуле:

$$\varepsilon_w = \alpha_w \cdot \Delta w \cdot \varphi \quad (1.12)$$

где α_w - сезонные влажностные деформации набухания бетона, равные $3 \cdot 10^{-6} \frac{MM/MM}{V/g}$ амплитуда годовых изменений сезонной относительной влажности воздуха, которую для IV климатического района допускается принимать в среднем равной 40 %.

φ - коэффициент, учитывающий масштабный фактор, на сезонные влажностные деформации набухания бетона, принимают по табл. 1.5 [24,49].

Таблица 1.5

Значения коэффициента φ в зависимости от приведенной высоты сечения элемента h_{red} cm						
3,5 и менее	5,0	10,0	20,0	30,0	40	50 и более
1,1	1,0	0,9	0,75	0,55	0,40	0,35

Предельные значения деформаций влажностной усадки бетона можно также принимать по табл. 1.6 в зависимости от относительной влажности наружного воздуха и приведенной высоты сечения. [24.49]

Таблица 1.6

Влажность воздуха наиболее жаркого	Значения предельных деформаций усадки $\varepsilon_{cs1} \cdot 10^{-6}$ тяжелого бетона (ОК-1-2 см) для конструкции, не защищенных от солнечной радиации при попеременном нагреве и охлаждении при, см						
	3,5	5	10	20	30	50	100 и более
0	800	720	630	585	570	560	550
20	710	630	540	490	475	460	445
40	615	540	450	400	380	365	340

60	530	450	360	310	290	270	240
75	460	380	290	240	220	200	160
90	390	310	220	170	160	155	150

Примечание.

1. h_{red} - приведенная высота сечения элемента, характеризующая массивность конструкций и равная площади сечения, деленной на 1/2 его диаметра, соприкасающегося с воздухом.

2. Деформации усадки следует умножить на: 0,85 - для конструкций из бетона класса ниже В 25.

В условиях сухого жаркого климата происходят суточные и сезонные колебания температуры наружного воздуха. При нагревании температурная деформация состоит из двух видов деформаций: обратимая деформация - температурное расширение бетона и необратимая - деформация - температурная усадка бетона.

Температурная деформация расширения бетона в основном зависит от вида заполнителя и влажности бетона. При нагреве заполнитель расширяется. При повышении температуры влажный цементный камень расширяется меньше, чем заполнитель и это расширение переходит в усадку при удалении адсорбционно-связанной воды из геля и происходит развитие деформации усадки бетона.

При эффективной влажности бетона, примерно равной 2...3% гель имеет максимальную степень увлажнения и свободная вода отсутствует. При нагреве бетона с влажностью менее эффективной температурная усадка бетона происходит даже при кратковременном подъеме температуры. Температурная усадка бетона на портландцементе в основном обусловлена усадкой цементного камня. Температурная деформация бетона ϵ_{bt} будет меньше температурного расширения ϵ_{tt} на величину температурной усадки ϵ_{cs}

$$\epsilon_{bt} = \epsilon_{tt} - \epsilon_{cs} = (\alpha_{tt} - \alpha_{cs}) \cdot t = \alpha_{bt} \cdot t \quad (1.13)$$

При нагреве бетона с влажностью выше эффективной или сухого бетона температурная деформация ϵ_{bt} будет равна деформациям температурного

расширения бетона ϵ_{tt} , так как температурная усадка во влажном бетоне еще не проявилась, а в сухом уже прошла. Температурные деформации ϵ_{bt} во влажном бетоне будут больше, чем в сухом. Если же при охлаждении бетон будет увлажняться, то при следующем нагреве опять проявится температурная усадка. Коэффициент линейной температурной деформации бетона естественной влажности при первом нагреве зависит от вида заполнителя и принимается по табл. 1.7 /24,49/.

Таблица 1.7.

Средняя плотность бетона кг/м ³	Заполнитель	Коэффициент температурной деформации бетона **
2200/2050 и более	Крупный/кварц, кварциты, сланцы мелкий/плотный песок/	12,0
	Крупный/песчаник, известняк/ мелкий/ плотный песок/	11,0
	Крупный/гранит, диорит сиенит/	10,0
2100/1950 и более	Крупный/базальт/ мелкий/ плотный песок/	9,0
2000/1850 1800/1650	Крупный/керамзит, аглопирит/ мелкий/ плотный кварцевый песок/	9,5
1800/1650	мелкий/ плотный кварцевый песок/	8,5
1600/1450 1400/1250 1200/1050	Крупный/керамзит, аглопорит/ мелкий/ пористый керамзитовый или аглопоритовый песок/	8,0 7,5 7,0

*- Перед чертой приведены значения плотности бетона естественной влажности, после черты - в сухом состоянии.

** - для бетона естественной влажности.

1.1. Анализ влияния сухого жаркого климата на работу железобетонных элементов.

Согласно основным расчетным требованиям СНиП 2.03.01.-84 в части расчета по предельным состояниям первой и второй группы записано, что этот расчет в том числе должен быть обеспечен надежностью конструкции под

совместным воздействием силовых факторов и неблагоприятных условий внешней среды. Такой учет вытекает в основном из изменения физико-механических свойств бетона в условиях сухого жаркого климата, которые в дальнейшем закладываются в расчет конструкции. Влияние сухого жаркого климата при этом учитывается путем умножения расчетных сопротивлений бетона сжатию и растяжению соответственно на коэффициенты условий работы γ_{b7} и γ_{tt} , которые принимаются по табл. 1.8 и 1.9 /24.49/.

Необходимость учета воздействия на железобетонные конструкции сухого жаркого климата отмечается в работах многих исследователей /34,39,45/.

В исследованиях А.Ф. Милованова, А.В. Нифонтова, Э.А. Мазо /42,22/ отмечается, что воздействие повышенной температуры вызывает раннее образование трещин, а также снижает жесткость изгибаемых железобетонных элементов.

В работе /47/ выявлено что при нагреве до 60^0 С момент появления трещин в изгибаемых железобетонных конструкциях являются собственные температурные напряжения в бетоне, которые возникают от неравномерного нагрева по высоте сечения /54/.

В работе О. И. Корцивадзе, Л.О. Гвелесциани /21/ изучалось влияние условий окружающей среды на деформативность железобетонных элементов из пемзобетона. Эксперименты проводились при изменениях влажности среды от 30 до 90 % и температуры от 15 до 90^0 С в специальных камерах. Было отмечено, что чем выше температура среды, тем больше деформации и прогибы в изгибаемых железобетонных элементах, а интенсивность роста и величина прогибов при длительно действующей нагрузке зависит не только от температуры, но и от влажности бетона. При этом в элементах, загруженных эксплуатационной нагрузкой за 67 суток прогиб увеличился в 1,5 ... 2 раза /21/.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что эксплуатация железобетонных конструкций в условиях сухого жаркого климата приводит к дополнительному увеличению ширины раскрытия нормальных и наклонных

трещин. Ширина раскрытия трещин в изгибаемых железобетонных элементах в сухом жарком климате оказались в 1,2 раза больше, чем при нормальных условиях. Опыт эксплуатации ребристых плит покрытий в сухом жарком климате показывает, что незащищенные от солнечной радиации конструкции имеют раннее трещинообразование.

Расчетные прогибы покрытий, определенные согласно норм были меньше опытных от 20 до 40 % /25/.

Результаты исследований Селимова М. М., Низамова DL/41/ показали, что в изгибаемых железобетонных элементах изготовленных в сухой жаркий период года наблюдается пониженная жесткость и недостаточная трещиностойкость. Фактические нагрузки появления трещин для плит оказались на 12,3 ... 25,4 % ниже контрольных. В железобетонных балках из аглопоритобетона, загруженных длительнодействующей нагрузкой $0,8 M_{сч}$ трещины появились через 6 ...7 месяцев в летний период. В железобетонных балках из аглопоритобетона, находившихся в течение 20 месяцев под солнечной радиацией в незагруженном состоянии момент образования трещин при кратковременном нагружении оказался меньше в среднем на 36 %.

С увеличением температуры элемента и снижением влажности наружного воздуха увеличивается кривизна и ширина раскрытия трещин, снижается жесткость железобетонных балок /41/. В работе /48/ приведены результаты исследования прочности колонн из мелкозернистого высокопрочного шлакобетона при внецентренном сжатии с большим эксцентриситетом.

Автор пришел к выводу, что при расчете по образованию трещин внецентренно-сжатых элементов из мелкозернистого шлакобетона необходимо учитывать напряжения в арматуре, вызванные повышенной усадкой шлакобетона, что при условиях сухого жаркого климата приобретает важное значение.

Повышенная усадка шлакобетона снижает усилия трещинообразования колонн и приводит к увеличенной ширине раскрытия трещин. При расчете

колонн по образованию трещин необходимо вводить в расчетные формулы

напряжения в растянутой арматуре вызванное усадкой шлакобетона. В свою очередь, как это выявилось при исследовании полноты эпюры напряжений сжатой зоны армированного шлакобетона, усадка повышает деформативность бетона за счет создания растягивающих напряжений в нем. Повышенные значения начального модуля упругости и коэффициента ν * характеризующего упругопластическое состояние бетона сжатой зоны увеличили прогибы колонн из шлакобетона в сравнении с расчетом по СНиП 2. 03. 01-96 в среднем на 20 %.

С повышением температуры арматурная сталь расширяется и ее температурные деформации близки к температурным деформациям бетона, и ее коэффициент линейного температурного удлинения равен:

для арматуры классов А-1, А-II, В-1, В-II, К-7, марок

ВСтЗГпс5, ВСтЗкп2 - $11,5 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$

для арматуры классов А-III, А-IIIв, А-IV, А-V, А-VI, Ат-IV,

Ат-V, Ат-VI, $12 \cdot 10^{-6} \text{ C}^{-1}$.

Железобетонный элемент удлиняется на величину большую удлинения бетона и меньшую удлинения арматуры. До образования трещин температурные деформации железобетонного элемента близки к температурным деформациям бетона. В железобетонном элементе от температурного расширения возникают напряжения растяжения в бетоне и сжатия в арматуре. Расширяясь больше чем бетон, арматура иногда разрывает его. В бетоне появляются трещины. При появлении трещин напряжения в бетоне и арматуре падают, и железобетонный элемент начинает больше удлиняться и его удлинения приближаются к удлинению арматуры.

Расчет железобетонных элементов по образованию трещин на усилия, вызванные воздействием температуры, рекомендуется производить, когда температура бетона по высоте элемента между гранями сечения отличается более чем на 30° C в элементах статически неопределимых конструкций и более чем на 50° C в элементах статически определимых конструкций. Такие температуры мало вероятны в условиях сухого жаркого климата.

Поэтому расчет температурных деформаций железобетонных элементов в

условиях сухого жаркого климата допускается производить как для бетонных элементов.

При расчете бетонных и железобетонных элементов на первое нагревание температурное удлинение оси элемента ε_t и ее температурную $\left(\frac{1}{r}\right)_t$ кривизну в теплое время года определяют по формулам:

$$\varepsilon_t = \Delta t_w \cdot \alpha_{bt} \cdot \gamma_{tt} \quad (1.14)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_t = \frac{\vartheta_w \cdot \alpha_{bt}}{h_{red}} \cdot \gamma_t \quad (1.15)$$

При расчете бетонных и железобетонных элементов на длительное переменное нагревание и охлаждение изменение длины оси элемента $\varepsilon_{t,cs}$ и ее кривизну $\left(\frac{1}{r}\right)_{t,cs}$ под воздействием температуры от совместного проявления температурной деформации и усадки бетона определяют по формулам:

для теплого времени года

$$\varepsilon_{t,cs} = (\Delta t_w \cdot \alpha_{bt} - \varepsilon_{cs}) \cdot \gamma_t \quad (1.16)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{t,cs} = \left[\frac{\vartheta_w \cdot \alpha_{bt}}{h_{red}} \pm \left(\frac{1}{r}\right)_{cs} \right] \cdot \gamma_t \quad (1.17)$$

В холодное время года

$$\varepsilon_{t,cs} = (\Delta t_c \cdot \alpha_{bt} - \varepsilon_{cs}) \cdot \gamma_t \quad (1.16)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{t,cs} = \left[\frac{\vartheta_c \cdot \alpha_{bt}}{h_{red}} \pm \left(\frac{1}{r}\right)_{cs} \right] \cdot \gamma_t \quad (1.17)$$

В формулах (1.16-1.17)

$\Delta t_w, \Delta t_c$ -средняя температура по сечению элемента соответственно в теплое и холодное время года, ϑ_w, ϑ_c -перепад температур соответственно в теплое и холодное время года.

Как было установлено, конструкции, работающие в условиях сухого

жаркого климата, подвергаются периодическому нагреванию и охлаждению как в течение года, так и в течение суток. Распределение температуры в железобетонных конструкциях от температурных климатически воздействий при нестационарных условиях теплопередачи и с учетом переменной влажности бетона следует определять методами теорий тепло и массопереноса или на основе экспериментальных данных.

Основными климатическими факторами, влияющими на изменение температуры конструкций, являются температура наружного воздуха и солнечная радиация. В их изменениях можно выделить два периодических колебания: с годовым (зима-лето) и суточным (день-ночь) периодами. Под влиянием колебания температуры воздуха и интенсивности солнечной радиации температурное поле конструкций непрерывно изменяется во времени и является нестационарным. Распределение температуры по сечению элемента в любой момент нелинейно. В практических расчетах конструкций температурное поле рассматривается в период наиболее неблагоприятного воздействия климатических температур. При этом для упрощения расчета нестационарное температурное поле заменяется эквивалентным стационарным. Считается, что в пределах любого сечения температура распределяется по линейному закону. Линейное распределение температуры рассматривается только в одном направлении. Линейное изменение в перпендикулярном направлении может рассматриваться независимо. В случае применения приближенной методики расчета климатических температур эпюру разбивают на две: одна них равномерная, которая вызывает температурные удлинения или укорочения элемента, а другая - неравномерная, вызывающая искривление оси от перепада температуры по высоте сечения элемента, не изменяя ее длины /24/ (рис. 1.3, 1.4).

Конструкции, напряженное и деформированное состояние которых от температурных климатических воздействий определяется главным образом осевыми температурными деформациями например, конструкции каркаса здания следует рассчитывать на неблагоприятное действие разности температур Δt_w и

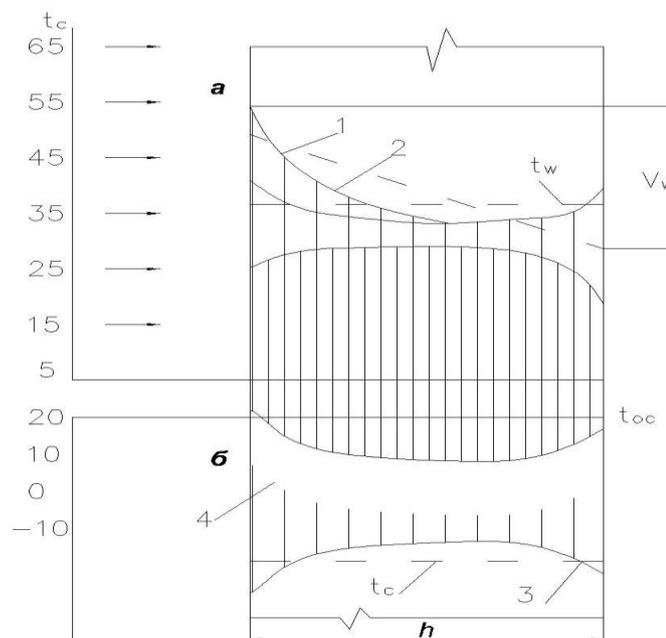
Δt_c во времени между начальной температурой в теплое t_{ow} и холодное время года t_{oc} и средней по сечению элемента температурой также в теплое t_w и холодное t_c время года:

$$\Delta t_w = t_w - t_{oc} \quad (1.18)$$

$$\Delta t_c = t_c - t_{ow} \quad (1.19)$$

Конструкции, в которых важна оценка напряжений и деформаций вследствие неравномерного распределения температуры по сечению элемента (например, ограждающей конструкции здания) необходимо рассчитывать на неблагоприятную разность температур между наружной и внутренней поверхностями элемента (температурный перепад) как для теплого ϑ_w , так и для холодного ϑ_c времени года, при этом распределение температуры по сечению принимается линейным. За начальную температуру для статически определимых конструкций рекомендуется принимать температуру их изготовления:

В теплое время года - температуру наиболее жаркого климата



1.3 Изменение температур по сечению железобетонной стены в неотапливаемом здании:

а- в жаркое время года, б- в холодное время года.

Температура бетона:

1 – в наиболее жаркое время суток при незащищенной солнечной радиации;

2 – тоже защищенной холодное время суток;

3 – в наиболее холодное время суток;

4 - в наиболее теплое время суток;

5 – направление солнечной радиации.

t_{ow} , - начальные температуры в теплое и холодное время года;

Δt_w , Δt_c – значения средних по сечению температур в теплое и холодное время года;

ϑ_w – перепад температур по высоте (толщине) стенки в жаркое время года.

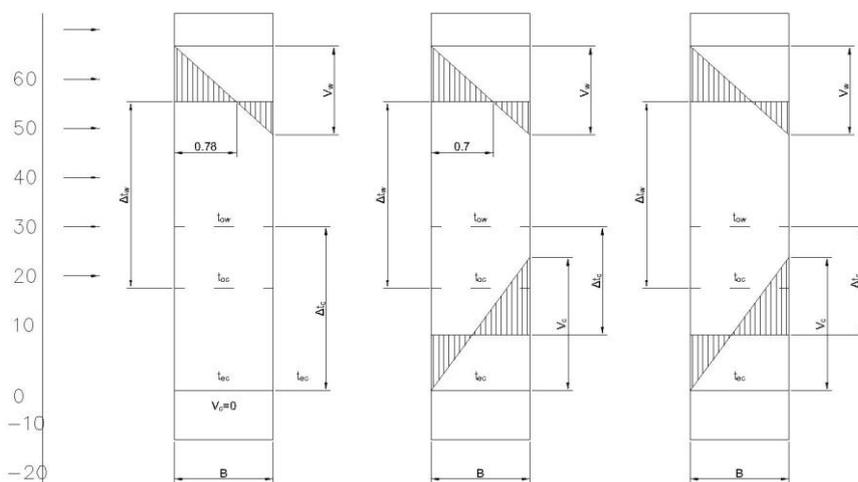


Рис. 1.4 Изменения средних температур Δt_w и Δt_c – бетона и перепады температур ϑ_w , ϑ_c по сечению стению стены из бетона в жаркое и холодное время года;

а) неотапливаемое здание;

б) отапливаемое здание;

в) здание с искусственным климатом; направление солнечной радиации.

$t_{ow} = t_{VII}$, в холодное время года - температуру наиболее холодного месяца $t_{ow} = t_I$.

Начальную температуру, соответствующую замыканию статически неопределимой конструкции или ее части, в законченную систему, в теплое t_{ow} и холодное t_{oc} время года рекомендуется определять по формулам:

$$t_{ow} = 0.8t_{VII} + 0.2t_I \quad (1.20)$$

$$t_{oc} = 0.2t_{VII} + 0.8t_I \quad (1.21)$$

Где t_I, t_{VII} - многолетние средние месячные температуры воздуха соответственно для января и июля, принимаемые по СНиП.01.01-82. Для города Намангана соответственно 5 и 25 °C. Для конструкций, не защищенных от воздействия солнечной радиации, нормативные значения изменений во времени средней по сечению элемента температуры $\Delta t_w, \Delta t_c$ и температурные перепады ϑ_w, ϑ_c теплое и холодное время года для однослойных конструкций рекомендуется определять по упрощенным формулам:

Для открытых сооружений и неотапливаемых зданий (без технологических источников тепла)

$$\Delta t_w = t_{VII} + \theta_1 + \theta_4 + 6^\circ\text{C} - t_{oc} \quad (1.22)$$

$$\Delta t_c = t_I - 0.5\theta_1 - 10^\circ\text{C} - t_{ow} \quad (1.23)$$

$$\vartheta_w = \theta_5 \quad \vartheta_c = 0 \quad (1.24)$$

Приращение средней по сечению элемента температуры бетона θ_1 под влиянием суточной температуры наружного воздуха принимают от 2 до 8 °C в зависимости от толщины конструкции по таблице 1.10

Приращение средней по сечению элемента температуры и перепада температуры θ_4 , по высоте железобетонного элемента, под влиянием солнечной радиации определяют по формулам:

$$\theta_4 = 0.035 \cdot S_{max} \cdot k \cdot k_1 \quad (1.25)$$

$$\theta_5 = 0.035 \cdot S_{max} \cdot k(1 - k_1) \quad (1.26)$$

Максимальная суммарная (прямая и рассеянная) солнечная радиация S_{max} принимается по СНиП 2.01.01.-94 в зависимости от положения и ориентации поверхности элемента.

K и K_1 коэффициенты, зависящие от толщины и ориентации поверхности, принимаемые соответственно по табл. 1.10, 1.11 [49,79].

Таблица 1.10

Толщина бетонных и железобетонных элементов, см	Значения приращений, оС, суточных изменений температур θ_1	Значения коэффициента k_1
До 15	8	0.6
От 15 до 39	6	0.4
свыше	402	0.3

Таблица 1.11

Ориентация поверхности элемента	Значение коэффициента
Вертикальная, ориентированная на	
юг	1,0
запад	0,9
восток	0,7

Коэффициент надежности по температуре γ_t принимают равным при расчете по предельным состояниям первой группы (прочности) - 1,1 и при расчете по предельным состояниям второй группы (деформациям, образованию и раскрытию трещин) - 1,0.

Для статически определимых железобетонных элементов прямоугольного сечения при равномерном распределении деформации усадки бетона по высоте

сечения укорочения оси элемента ε и ее кривизну $\left(\frac{1}{r}\right)$ определяют по формулам

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_{CS1}}{1 + \frac{\alpha}{\nu}(\mu + \mu')} \quad (1.27)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_{CS} = \frac{(0.5h - y) \cdot \varepsilon_{CS1}}{0.083h^2 + \frac{\alpha}{\nu}[\mu(y - a)^2 + \mu'(h - y - a')^2]} \quad (1.28)$$

ε_{CS1} – вычисляются по формуле (1.10)

Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до растянутой грани элемента для прямоугольного сечения допускается определять по формуле:

$$y = \frac{0.5h + \frac{\alpha}{\nu}[\mu a + \mu'(h - a')]}{1 + \frac{\alpha}{\nu}(\mu + \mu')} \quad (1.29)$$

$$\alpha = \frac{E_s}{E_b \cdot \beta_b} \quad (1.30)$$

В формуле (1.29) где E_s и E_b - модули упругости арматуры и бетона;

h - высота сечения элемента

a, a' - защитный слой бетона арматуры

$$\mu = \frac{A_s}{b \cdot h_0} \quad (1.31)$$

$$\mu = \frac{A'_s}{b \cdot h_0} \quad (1.32)$$

Расчет внецентренно-сжатого элемента по образованию трещин, нормальных к его продольной оси, от одновременного воздействия нагрузки температуры и усадки бетона в условиях сухого жаркого климата производят по СНиП 2.03.01-96

$$M \leq M_{crс} \quad (1.33)$$

принимая момент $M_{счс}$ *воспринимаемый* нормальным сечением равным

$$M_{crc} = (R_{bt,ser} \cdot \gamma_{tt} - \delta_{cs}) \cdot W_{pl} \quad (1.34)$$

Для внецентренно-сжатых элементов

$$M_r = N(l_0 - r) \quad (1.35)$$

Значение r для внецентренно-сжатых элементов определяют

$$r = \varphi \left(\frac{W_{red}}{A_{red}} \right) \quad (1.36)$$

$$\varphi = 1.6 - \frac{\delta_b}{R_{bt,ser} \cdot \gamma_{tt}} \quad (1.37)$$

В формуле (1.36) принимается не менее 0.7 и не более единицы.

Здесь δ_b - максимальное напряжение в сжатом бетоне от внешней нагрузки и температурных усилий, вычисляемое как для упругого тела по приведенному сечению:

W_{red} - момент сопротивления приведенного сечения элемента для крайнего растянутого волокна определяется по правилам сопротивления упругих материалов и в предположении отсутствия продольных сил по Формуле

$$W_{red} = \frac{J_{red}}{y} \quad (1.38)$$

Где J_{red} момент инерции приведенного сечения, определяемый по формуле

$$J_{red} = J_{b,red} + A_{b,red} y^2 + A_{s,red} y^2 + A'_{s,red} \cdot (y's)^2 \quad (1.39)$$

Момент инерции сечения бетон J_{red} определяется по формуле

$$J_{b,red} = \frac{A_{b,red} \cdot h^2}{12} \quad (1.40)$$

Площадь растянутой и сжатой арматуры приводится к ненагретому более прочному бетону:

$$A_{s,red} = \frac{A_s \cdot E_s}{E_b \cdot \varphi_{b1}} \quad (1.41)$$

$$A_s = \frac{A_{s,red}}{E_b \cdot \varphi_{b1}} \quad (1.42)$$

Момент сопротивления крайнего растянутого волокна приведенного сечения W_{pl} , с учетом неупругих деформаций растянутого бетона при воздействии температуры определяется по формуле

$$W_{pl} = \gamma \cdot W_{red} \quad (1.43)$$

W_{red} - определяется по формуле (1. 38)

γ - коэффициент для определения момента сопротивления принимается для прямоугольного сечения 1. 75. /25/

$R_{b,ser}$ - расчетное сопротивление бетона на осевое растяжение для предельных состояний второй группы.

Напряжение в бетоне от усадки бетона на уровне растянутой арматуры равно

$$\delta_{cs} = [\varepsilon_{cs} - \varepsilon_{cs1} - \left(\frac{1}{\dots}\right) (a - y)] \cdot E_b \cdot \beta_b \cdot \bar{v} \quad (1.44)$$

определяют по формуле (1. 27)

Кривизну $\left(\frac{1}{\dots}\right)$ определяют по формуле (1. 28)

Ширину раскрытия трещин, нормальных к продольной оси железобетонного элемента в условиях сухого жаркого климата определяют по формуле:

$$a_{crc} = \delta \cdot \eta \cdot 20 \cdot (3.5 - 100\mu)^{\frac{2}{3}} \sqrt{d} \left[\frac{\varphi_l \cdot \delta_s}{E_s} + \varepsilon_{sp} + \varepsilon_{cs1} \right] \quad (1.45)$$

где δ - принимают равным для внецентренно сжатых элементов 1,0

φ_l - принимают равным при учете кратковременных нагрузок и непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок (первая стадия работы) - 1,0; при учете продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок (вторая стадия работы), для конструкций из тяжелых бетонов естественной

влажности

$$\varphi_l = 1.6 - 15\mu \quad (1.46)$$

коэффициент η принимают равным:

при стержневой арматуре периодического профиля - 1,0 и гладкой - 1,3.

Напряжение σ_{cs} в стержнях крайнего ряда арматуры для внецентренно сжатых элементов определяют по формуле:

$$\sigma_{cs} = \frac{N(l_s - Z)}{A \cdot \eta} \quad (1.47)$$

считая $Z=Z_s$ где Z расстояние между центрами S и S_1 .

Коэффициент армирования сечения μ принимают равным отношению площади сечения арматуры S к площади сечения бетона (при рабочей высоте h_0 , но не более 0,02 ;

d - диаметр стержневой арматуры, мм.

Пластическую усадку бетона в начальный период его твердения определяют по табл 1.12

Таблица 1.12

Влажность воздуха наиболее жаркого месяца W%	Значения деформаций пластической усадки бетона $\epsilon_{sp} \cdot 10^{-6}$ при h_{red} /см/	
	≤ 10	≥ 10
20 и ниже	350/200	250/150
40	250/150	150/50
60 и выше	150/ -	-

Примечание:

1. Перед чертой приведены значения для незащищенных от солнечной радиации конструкций, после черты - для защищенных.

2. При бетонировании в прохладный влажный период года деформации пластической усадки не учитываются.

3. При бетонировании в теплый период года с 17 часов вечера до 9 часов утра деформации пластической усадки принимают как для конструкций, защищенных от воздействия солнечной радиации.

Расчет деформаций, образования и раскрытия трещин, прочности в бетонных и железобетонных конструкциях с учетом температурных и влажностных воздействий сухого жаркого климата, содержащийся в "Рекомендациях ..." НИИЖБ основан на использовании коэффициентов условий работы бетона в зависимости от наличия солнечной радиации, условий твердения бетона и массивности конструкции.

Преимущества этого документа на наш взгляд, заключается в том, что в нем основное внимание уделено совместному учету влияния температуры и влажности воздуха в расчетах бетонных и железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в условиях сухого жаркого климата,

При этом расчет элементов бетонных и железобетонных конструкций в условиях сухого жаркого климата производится по основным положениям СНиП 2.03, 01-96 и СНиП 2.03, 04-96 с учетом изменения прочности бетона при сжатии, растяжении и его начального модуля упругости. В расчетах по второй группе предельных состояний учитываются влияние пластической и влажностной усадки, температурных деформаций бетона (при определении раскрытия трещин).

Деформации (прогибы, углы поворота) элементов железобетонных конструкций, подверженных воздействию жаркого климата, вычисляются по формулам строительной механики, определяя входящие в них кривизны:

Для участков элемента, где в растянутой зоне не образуются трещины, нормальные к продольной оси элемента, - как для сплошного тела;

Для участков элемента, где в растянутой зоне имеются трещины, нормальные к продольной оси, вызванные нагрузкой и воздействием температуры и усадки бетона, - как отношение разности средних деформаций крайнего волокна сжатой зоны бетона и продольной растянутой арматуры к рабочей высоте сечения элемента.

Элементы или участки элементов рассматриваются без трещин в растянутой зоне, если трещины не образуются при действии постоянных, длительных и кратковременных нагрузок, длительного и кратковременного

нагрева и усадки бетона; при этом нагрузки вводятся в расчет с коэффициентом надежности по нагрузке $\gamma_f = 1$ а деформации и кривизны, вызванные воздействием температуры - с коэффициентом перегрева $\gamma_t = 1$ На участках, где не образуются нормальные, к продольной оси трещины, полная величина кривизны изгибаемых, внецентренно сжатых и внецентренно растянутых элементов должна, определяться по формуле:

$$\frac{1}{r} = \left(\frac{1}{r}\right)_1 + \left(\frac{1}{r}\right)_2 \quad (1.48)$$

где $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ и $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ - кривизны соответственно от кратковременных нагрузок при кратковременном нагреве (первая стадия работы) и от постоянных и длительных нагрузок при длительном нагреве (вторая стадия работы) определяемые по формулам:

$$\left(\frac{1}{r}\right)_1 = \frac{M}{\varphi_{b1} \cdot E_b \cdot J_{red}} \quad (1.49)$$

$$\left(\frac{1}{r}\right)_2 = \frac{M \cdot \varphi_{b2}}{\varphi_{b1} \cdot E_b \cdot J_{red}} \quad (1.50)$$

Здесь М - момент от соответствующей внешней нагрузки (кратковременной, длительной) и нагрева относительно оси, нормальной к плоскости действия изгибающего момента и проходящей через центр тяжести приведенного сечения:

$\varphi_{b1}, \varphi_{b2}$ - коэффициенты, учитывающие влияние соответственно кратковременной и длительной ползучести бетона при расчете деформаций элемента без трещин и принимаемые по табл. 1.13 и 1.14 /49,79/ J_{red} момент инерции приведенного сечения вычисляемый по формуле (1.39). При определении кривизны участков элементов с начальными трещинами в сжатой

зоне, вызванными воздействием температуры, значения $\left(\frac{1}{r}\right)_1$ и $\left(\frac{1}{r}\right)_2$ определяемые по формулам (1,49) увеличивают на 15 % , На участках, где образуются нормальные трещины в растянутой зоне, но при действии рассматриваемой нагрузки обеспечено их закрытие, значения входящие в формулу (1.50),

увеличиваются на 20 %.

Таблица 1.13

Влажность воздуха наиболее жаркого месяца W%	Коэффициент φ_{b1} - для первой расчетной стадии работы, учитывающей влияние кратковременной ползучести бетона для конструкций не защищенных /защищенных/ от солнечной радиации	
	для тяжелого и легкого бетона при плотном мелком заполнителе для пористого	бетона пористого бетона при пористом мелком заполнителе
20 и ниже	0.75/0.80/	0.50/0.65/
40	0.80/0.85/	0.65/0.70
60 и выше	0.85/0.85	0.70/0.70/

Таблица 1.14

Влажность воздуха наиболее жаркого месяца W%	Коэффициент φ_{b2} для второй расчетной стадии работы, учитывающей влияние длительной ползучести тяжелого и легкого бетона на деформации элемента конструкций, не защищенных /защищенных/ от солнечной радиации	
20 и ниже	3.5	/3.0/
40	2.5	/2.0/
60 и выше	2.0	/2.0/

Примечание: При попеременном водонасыщении высушивании бетона значение φ_{b2} при расчете по второй расчетной стадии работы конструкции умножают на 1,2.

До последнего времени, все еще не было единой методики исследований в этом направлении. Помимо этого, имеющиеся опытные данные касаются в основном изгибаемых железобетонных элементов, а влияние сухого жаркого климата на напряженное и деформированное состояние внецентренно сжатых

железобетонных элементов вовсе отсутствуют. Кроме того, следовало бы уточнить значение коэффициентов γ_{b7} , γ_{tt} для сухого климата.

В связи с вышеизложенным, становится актуальными экспериментально-теоретические исследования влияния сухого жаркого климата на поведение внецентренно сжатых железобетонных элементов из тяжелого бетона.

Полученные результаты этих исследований позволяют уточнить предложения по расчету внецентренно сжатых железобетонных элементов из тяжелого бетона изготовленных и эксплуатирующихся в условиях сухого жаркого климата.

1.3 Задачи исследований.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить прочностные и упругопластические свойства бетона в условиях сухого жаркого климата.
2. Изучить особенности деформаций усадки и ползучести бетона в условиях сухого жаркого климата.
3. Разработать методику испытания железобетонных внецентренно сжатых образцов в условиях сухого жаркого климата на кратковременное и длительное действие нагрузки.
4. Изучить распределение температуры и влажности в бетоне по сечению железобетонных элементов.
5. Изучить влияние длительного воздействия внецентренного сжатия $0,8N_{срс}$ и $0,5N_p$ при воздействии сухого жаркого климата.
6. Оценить степень влияния сухого жаркого климата на прочность и трещиностойкость внецентренно сжатых элементов из тяжелого бетона.
7. В результате проведенной работы разработать предложения по расчету внецентренно-сжатых железобетонных элементов в условиях сухого жаркого климата

2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.

2.1.Изготовление опытных образцов.

При изготовлении колонн, кубов и призм в качестве вяжущего для бетона был использован портландцемент Навоийского завода марки “400”.

При испытании по ГОСТ 310.1-75 портландцемент характеризовался следующими показателями:

начало схватывания - 2 часа 55 минут,

конец схватывания - 5 часов 30 минут.

Нормальная густота цементного теста - 23,75 %

Плотность - 1200 кг/м

В качестве мелкого заполнителя применялся кварцевый песок из карьера поймы реки Нарын (табл. 2.1).

Таблица 2.1

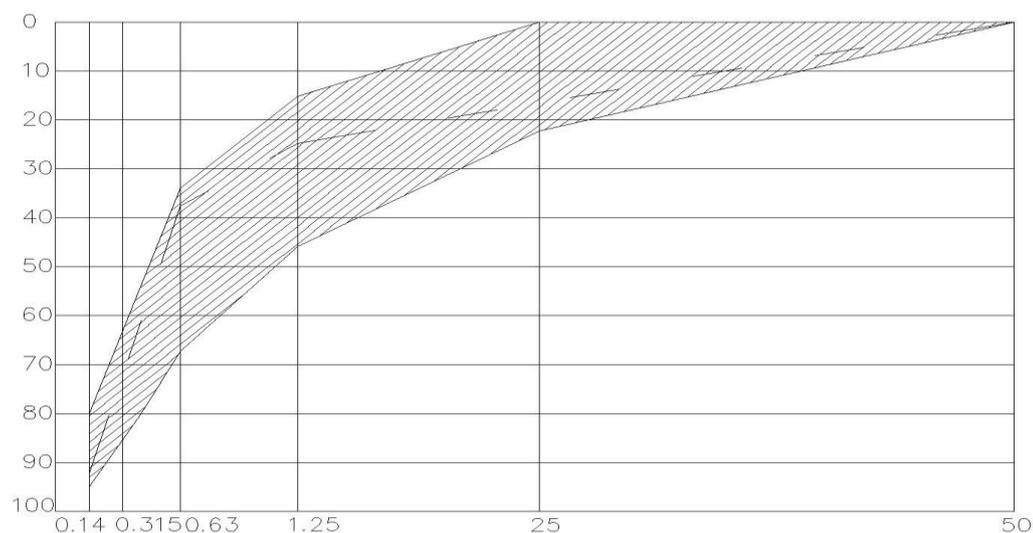
Наименование показателей песка	Единица измерения	количество
1. Объемная насыпная плотность	кг/м ³	1400
2.Пустотность	%	48
3.Влажность	%	10
4.Содержание глинистых и илистых частиц	%	1.5
5.Остаток на сите	%	4.8
6.Модул крупности		2.1

Результат отсева песка по фракциям показан на рис. 2.1.

Для бетона в качестве крупного заполнителя применялся щебень фракции от 5 до 20 мм (табл. 2.2.).

Таблица 2.2

Плотность в насып. состоянии	Плотность в уплотнен. кг/м ³	Плотность в куске кг/м ³	Прочность в цилиндре, МПа	Водопоглощение в %
1460	1600	2860	3.6	1.0



Размер отверстий контрольных сит в мм.

Рис. 2.1. Кривые рассева песка.

В качестве рабочей продольной арматуры для колонн применялась стержневая арматура класса А-III диаметром 14 мм из стали марки 35 ГС, а в качестве хомутов арматура класса А-1 диаметром 6 мм. Колонны изготовлялись из тяжелого бетона прочностью на сжатие 16-18 МПа. Подбор состава из тяжелого бетона производился согласно рекомендация НИИЖБ.

Расход материалов на 1 м³ бетона

Цемент М-400- 250 кг.

кварцевый песок 1170 кг.

щебень 940 кг.

Вода 140 л.

Бетонная смесь имела жесткость - 10 сек.

Колонны прямоугольного сечения 16x30 см и высотой 100 см имели

консоли (рис. 2.2). Все колонны имели симметричное армирование 4 стержнями диаметром 14 мм, класса А-III. Для исключения преждевременного разрушения колонн оголовки армировались тремя рядами арматурных сеток из стали класса А-I диаметром 6 мм.

Размер ячейки сеток принимался 45x45 мм. Дополнительно верхняя и нижняя грани колонн имели стальные пластины толщиной 17 мм, которые приваривались к рабочим стержням во время изготовления каркасов (рис. 2.3). Для фиксации положения арматуры в опалубке при бетонировании на арматурные каркасы крепили специальные пластмассовые шайбы, обеспечивающие защитный слой бетона 25 мм. Для замера деформаций растянутой арматуры к ней приваривались металлические штыри диаметром 12 ... 14 мм на базе 250 мм.

Перед бетонированием штыри изолировали от бетона слоем пластилина. Выпуск штырей обеспечивался специальными отверстиями в опалубке.

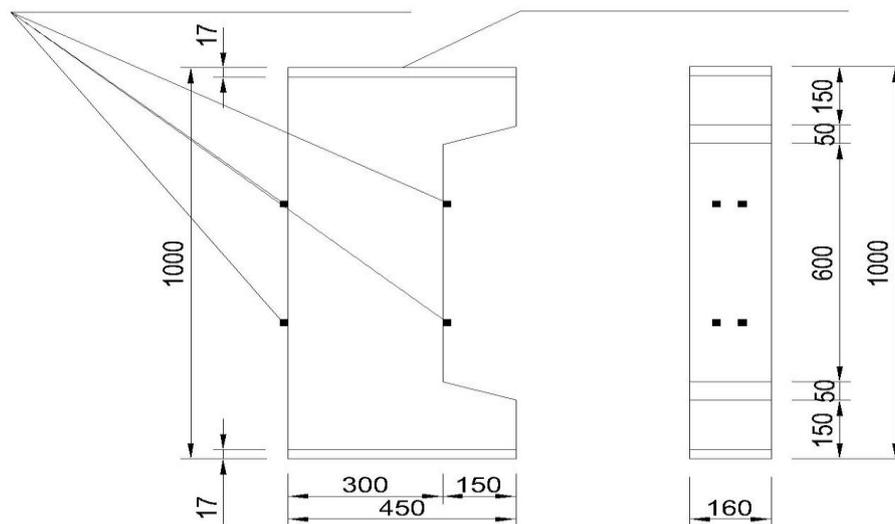


Рис. 2.2. Размеры колонн.

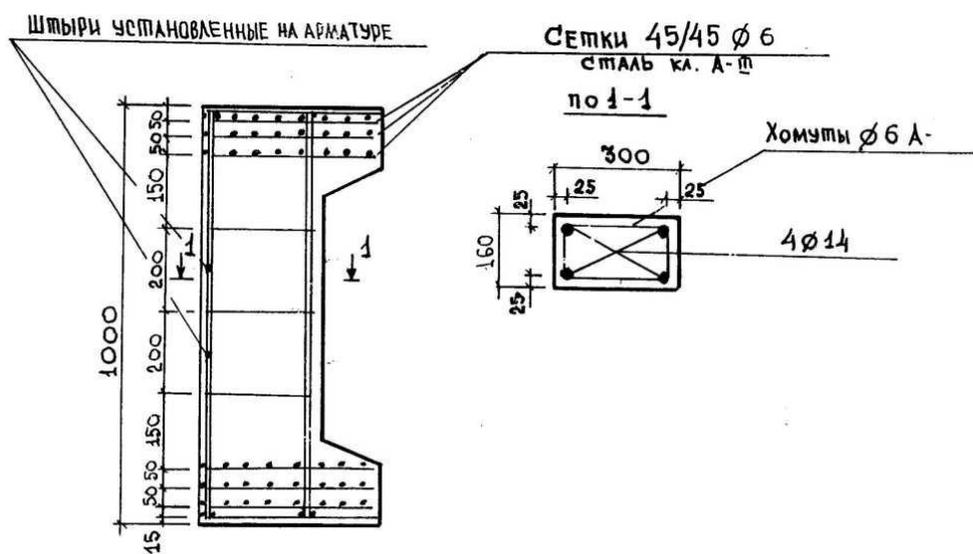


Рис.2.3. Армирование колонн.

Для замера деформаций бетона в сжатой и растянутой зоне с двух сторон колонны на базе 250 мм по высоте сечения устанавливались штыри диаметром 6 мм и высотой 50 ... 60 мм. Расстояние между двумя штырями меряли переносным индикатором. С целью изучения распределения температуры в бетоне по сечению колонн в условиях сухого жаркого климата в колоннах закладывались хромелькапельевые термопары (рис. 2. 4). Одновременно изготавливались кубики размером 10x10x10 см и призмы 10x10x40 см.

Колонны, кубики и призмы бетонировались в горизонтальном положении в металлических формах. Бетонной смесью заполняли форму и уплотняли на вибростоле в течение 60 секунд. Избыток смеси срезался, а поверхность заглаживалась мастерком. Образцы изготавливались в июле месяце, когда наблюдались средне-суточные перепады температур воздуха до 20 °C и относительной влажности до 20 %.

В этот период температура воздуха достигала 36 °C , а относительная влажность снижалась до 17 %. Все колонны после бетонирования в течение 7 дней находились в опалубке под влажными опилками, а затем распалубливались. Образцы колонн изготавливались в трех сериях (табл. 2. 3).

Таблица 2.3

Характеристика и условия хранения опытных колонн

Условное обозначение колонн	Условия хранения	Возраст бетона в сутках при испытании на			Направления солнечной радиации	Время нахождения колонн под длительным действием нагрузок сут	Вид и уровень нагружения	
		температуру	Нагрузка					
			Кратковременная	длительная				
1	2	3	4	5	6	7	8	
К-1-1	На открытом воздухе	7	-		Растяжная		Б/нагр	
К-1-2	Под влиянием	7	-		-//-		-//-	
К-1-3	Солнечной радиации	7	-		Сжатую		-//-	
К-1-4	-//-	7	-		Сжатую		-//-	
К-1-5	-//-	7	-		Боков. Поверх		-//-	
К-1-6	-//-	7	-		Боков. поверхность		-//-	
К-2-1	В тени в цеху	-	40		-			
К-2-2	-//-	-	41		-			
К-2-3	На открытом воздухе	-	42		Растяжная		Б/нагр+кр.вр. до рар	
К-2-4	Под влиянием	-	41		Сжатую			
К-2-5	Солнечной радиации	-	44		-//-			
К-2-6	-//-	-	41		-//-			
К-2-7	-//-	-	40		Растяжная			
К-2-8	-//-	-	42		Боков. поверхность			
К-3-1	-//-	-		61	Сжатую	373		$0,5N_p$ +кр. Врем до рар.
К-3-2	-//-	-		60	Сжатую	372		$0,8N_{crt}$ + кр. Врем до рар.
К-3-3	-//-	-		61	Боков. Поверх	374	$0,8N_{crt}$ + кр. Врем до рар	
К-3-4	-//-	-		60	Растяжная	375	$0,8N_{crt}$ + кр. Врем до рар	
К-3-5	-//-	-		61	-//-	373	рар	
К-3-6	-//-	-		61	Растяжная	370	$0,5N_p$ +кр. Врем до рар.	
К-3-7	-//-	-		60	-//-	371	$0,8N_{crt}$ + кр. Врем до рар	
К-3-8	-//-	-		60	Сжатую	371	$0,5N_p$ +кр. Врем до рар. $0,5N_p$ +кр. Врем до рар.	

2.2. Методика определения температуры бетона по сечению железобетонных колонн.

Колонны 1 серии в количестве 6 штук после 7-дневного влажного хранения были распалублены и установлены на полигоне под открытым небом. Эти колонны подвергались воздействию температуры наружного воздуха, рассеянной и направленной солнечной радиации в течении 1 года.

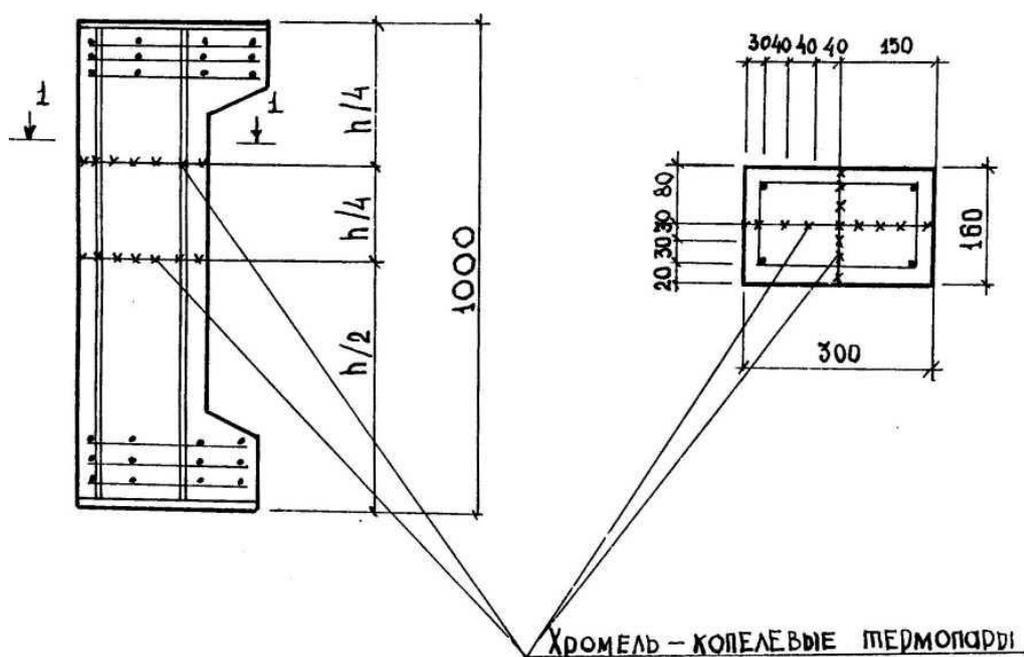


Рис. 2. 4. Схема расположения термодпар в колоннах

Для того, чтобы установить влияние направленной солнечной радиации на нагрев бетона, колонны располагались так, чтобы в одних колоннах была растянутая, в других колоннах сжатая зоны и боковая поверхность подвергалась бы наибольшему её воздействию. Для этого колонны ориентировались на юг растянутой или сжатой зоной или боковой поверхностью (рис. 2.5).

Чтобы установить изменение температуры бетона по поперечному сечению колонны в зависимости от суточного и сезонного колебания температуры наружного воздуха, температуру бетона замеряли утром за 2 часа до восхода солнца, днем в 14-17 часов и вечером через 2 часа после захода солнца. Температуру бетона замеряли хромель копелевыми термомпарами. Термомпары

присоединялись к переносному потенциометру. В момент изменения температур в бетоне холодный спай термопар находился в талом льду с нулевой температурой. По показаниям потенциометра Э. Д. С. Термопар в милливольтках переводились в градусы Цельсия.

2.3 Методика испытания колонн кратковременной нагрузкой.

6 колонн 2 серии (К-2-2 ... К-2-8) предназначенных для испытания кратковременной нагрузкой в течение 40 дней после распалубки находились на полигоне и подвергались воздействию солнечной радиации и 2 колонны К-2-1 и К-2-2 в цехе при температурно-влажностных условиях ($T=25... 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $W = 65 ... 70\%$).

Все колонны 2 серии находились в цеху и на полигоне в ненагруженном состоянии 40-41 сутки для того, чтобы определить температурно-усадочные деформации железобетонных колонн. Колонны испытывались в возрасте 40 суток кратковременной внецентренно сжатой силой на прессе ПММ-250 (рис. 2. 7.). Для того, чтобы установить влияние направленной солнечной радиации на нагрев бетона, колонны располагались так, чтобы в одних колоннах растянутая зона, в других колоннах сжатая зона и боковая поверхность подвергались бы наибольшему ее воздействию. Перед нагружением на сжатой и растянутой грани устанавливались по два индикатора часового типа с ценой деления 0,01 мм на базе 250 мм.

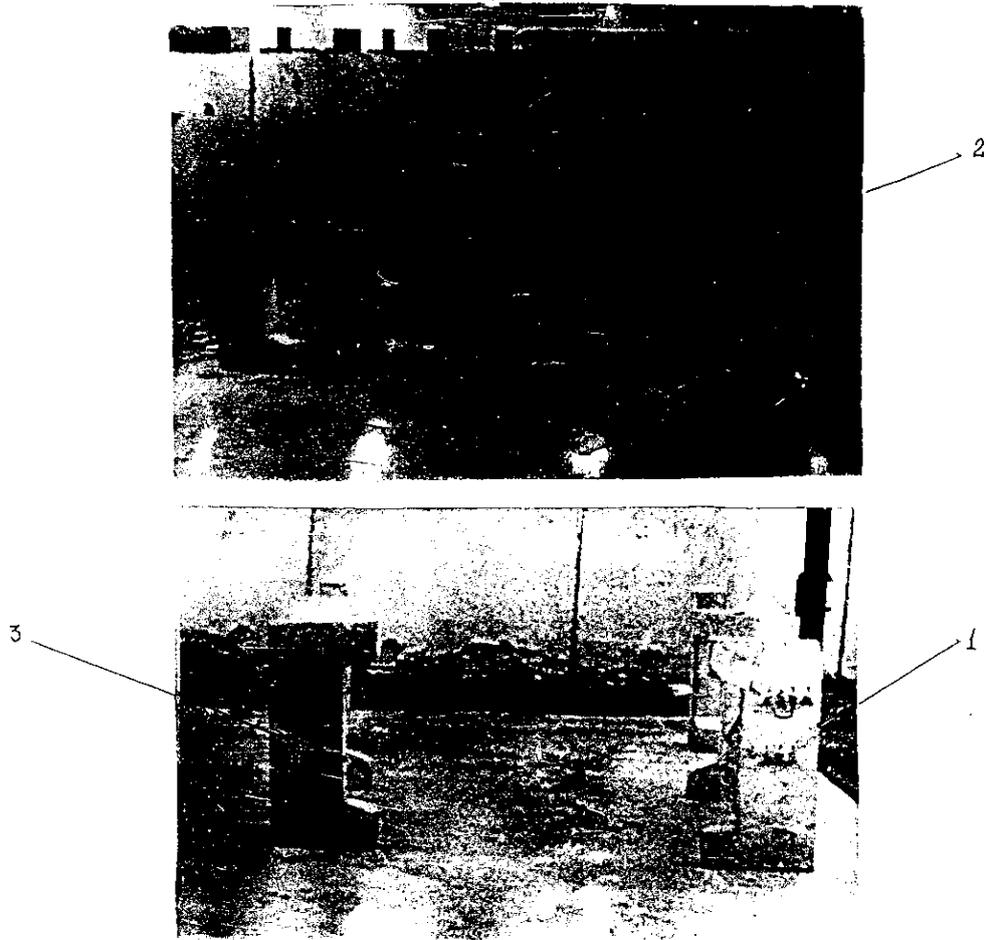


Рис. 2. 5. Полигон с расположенный на нем колоннами 1 серии ориентированными на юг.

- 1 - растянутой зоной
- 2 - сжатой зоной
- 3 - боковой поверхностью.

Индикаторы устанавливались на реперах, закрепленных на арматурных стержнях перед бетонированием колонн. Для измерения выгиба колонн на растянутой грани устанавливалось 3 прогибомера системы Максимова с ценой деления 0,01 мм (рис. 2. 6 и 2.7).

Колонны испытывались с двумя эксцентриситетами приложения продольной силы, чтобы определить как влияет на работу колонны эксцентриситет приложения нагрузки в условиях сухого жаркого климата. Один эксцентриситет близок к ядровому $e = 0,5u$ и другой $e = u$, где u - расстояние от нейтральной оси до максимально сжатой грани. Нагружение колонн осуществлялось ступенями по $0,05 N_p$ до уровня $0,8 N_p$. Во время проведения

испытания производился замер деформаций прогибов от нагрузки. При испытаниях производилось наблюдение за появлением и раскрытием трещин. Ширина раскрытия трещин измерялась микроскопом МБП-2.

2.4. Методика испытания колонн длительно действующей нагрузкой.

На длительное действие продольной сжимающей силы в условиях сухого жаркого климата испытывалось 8 колонн: 4 колонны (К-3-2, К-3-3, К-3-4 и К-3-6) нагружались продольной силой равной $0,8 N_{счс}$ остальные 4 колонны силой равной $0,5 N_p$ с эксцентриситетом равным $e=0,5$ у = 7см и $e = y = 15$ см.

Для измерения деформации арматуры и бетона при длительной выдержке образцов под нагрузкой использовались переносные индикаторы на базе 250 мм. Отсчеты по индикаторам снимались не реже трех раз в сутки, а именно в 7 ... 9 часов утра, в 14 ... 17 часов дня и 21 ... 22 часа вечера. Время снятия отсчетов по приборам совпадало со временем замера температуры и влажности воздуха, которые определялись термопарами и психрометрами. Показания приборов впервые два месяца снимались три раза в сутки, в последующие месяцы один раз в неделю в течении года. Загружение колонн длительно-действующей нагрузкой осуществлялось на стенд-площадке с помощью рычажных установок (рис. 2. 8).

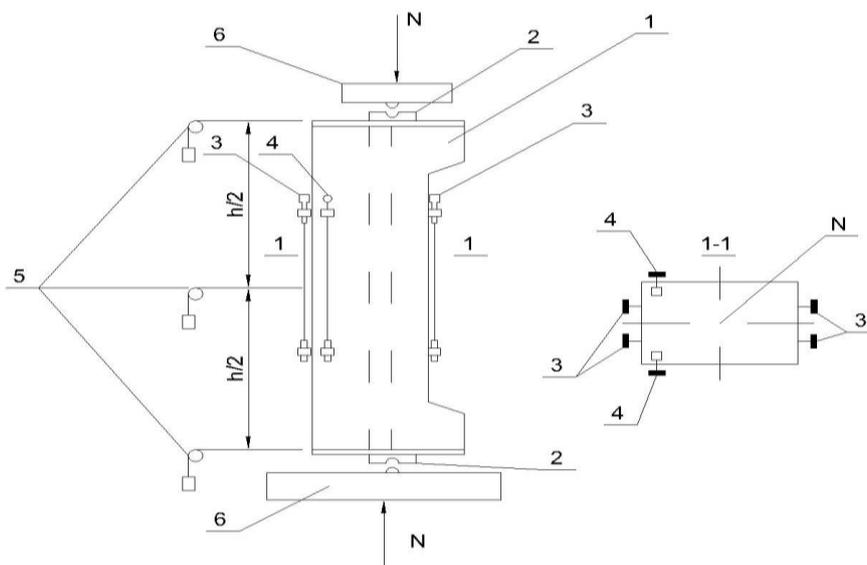


Рис. 2.6. схема испытания колонны кратковременной сжатой силой.

- 1-Колонна
- 2-Цилиндрическая опора
- 3-Индикаторы установленные на бетоне
- 4- Индикаторы установленные на арматуре
- 5-Прогибомеры
- 6-Плиты прессы

Использовались чугунные грузы весом 20-25 кг и бетонные блоки весом 20 кг. Для установления влияния солнечной радиации на деформации растянутой и сжатой зон одни колонны установили так, чтобы в полдень солнечная радиация действовала со стороны растянутой зоны и в других колоннах со стороны сжатой зоны бетона. Ожидаемая разрушающая нагрузка и нагрузка появления трещин получалась по результатам испытания колонны кратковременной нагрузкой. Колонны после нахождения под длительной нагрузкой и солнечной радиацией в течение одного года разгружались и доводились до разрушения кратковременной нагрузкой на прессе, чтобы установить, как влияет сухой жаркий климат на прочность, деформации и трещиностойкость колонн.

2.5 Методика определения прочности и модуля упругости бетона в условиях сухого жаркого климата.

Для изучения прочностных и деформационных свойств бетона были изготовлены образцы: - кубы с размерами ребра 10 см и образцы -призмы размерами 10x10x40 см. Все образцы в течение 7 суток хранились под влажными опилками. Затем одна часть образцов твердела в цехе с температурой 25 ... 35 °C и относительной влажностью 60 ... 70 %, а другая в условиях сухого жаркого климата, на открытом воздухе под солнечной радиацией. Испытание образцов на сжатие проводилось на 125 тонном прессе ПСУ-125. Образцы испытывались после воздействия сухого жаркого климата 28, 60, 180 и 360 суток. Общее количество испытанных образцов призма 24, кубов 48. По результатам испытаний кубов назначался режим нагружения для кратковременных испытаний

призматических образцов с целью определения модуля упругости и призмной прочности бетона. Нагрузка на призмы прикладывалась ступенями примерно 10% от ожидаемой призмной прочности.

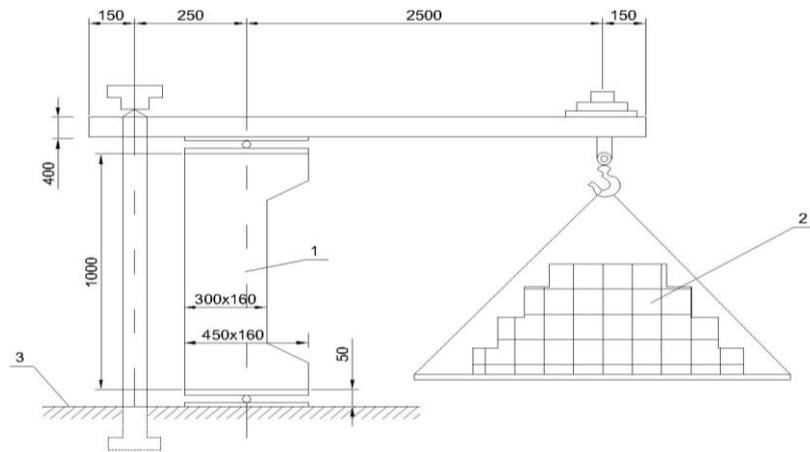


Рис. 2.8 Рычажная установка для длительной нагружения колонны.
1-колонна
2-груз
3-основание

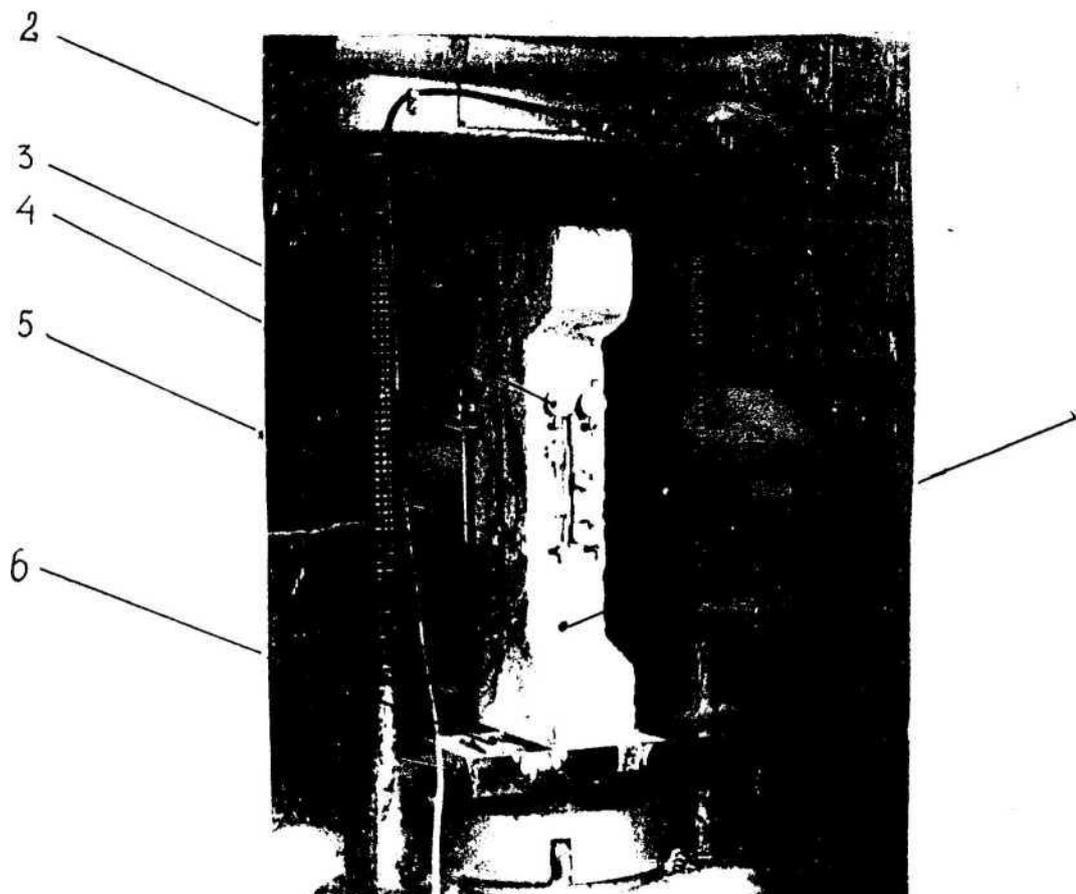


Рис.2.7. Общий вид колонн при испытании на кратковременную нагрузку.

1- Колонна.

2- Цилиндрическая опора.

3- Индикаторы установленные на бетоне.

4- Индикаторы установленные на арматуре.

5- Тензодатчики.

6- Плиты пресса.

Образцы центрировались по физическому центру при сжимающей силе, соответствующей двум ступеням нагружения. Измерение продольных деформаций призм проводилось с помощью индикаторов часового типа с ценой деления 0,001мм, установленных на специальных съемных металлических рамках на базе 200 мм. Модуль упругости бетона вычислялся для каждого образца при уровне нагрузки, составляющей 30 % от разрушающей, как отношение напряжения в бетоне призмы к упруго-мгновенной относительной деформации. Прочность на растяжение определялась путем раскалывания опытных образцов-кубов по диагоналям (рис. 2. 9).

2.6 Методика определения ползучести бетона в условиях сухого жаркого климата.

Исследование ползучести бетона осуществляли в пружинных установках мощностью до 30 т. на призмах 10x10x40 см. До начала загрузки пружины тарировались. Весь период нагрузка поддерживалась постоянной путем периодического регулирования деформаций пружин. Уровень постоянно-действующих напряжений при испытании на ползучесть бетона составлял 40 % призмной прочности бетона в момент загрузки равным 28 суток. Для установления влияния сухого жаркого климата на деформации ползучести бетона, часть призм находилась в природных условиях сухого жаркого климата, на открытом воздухе под воздействием солнечной радиации (рис.2.10).

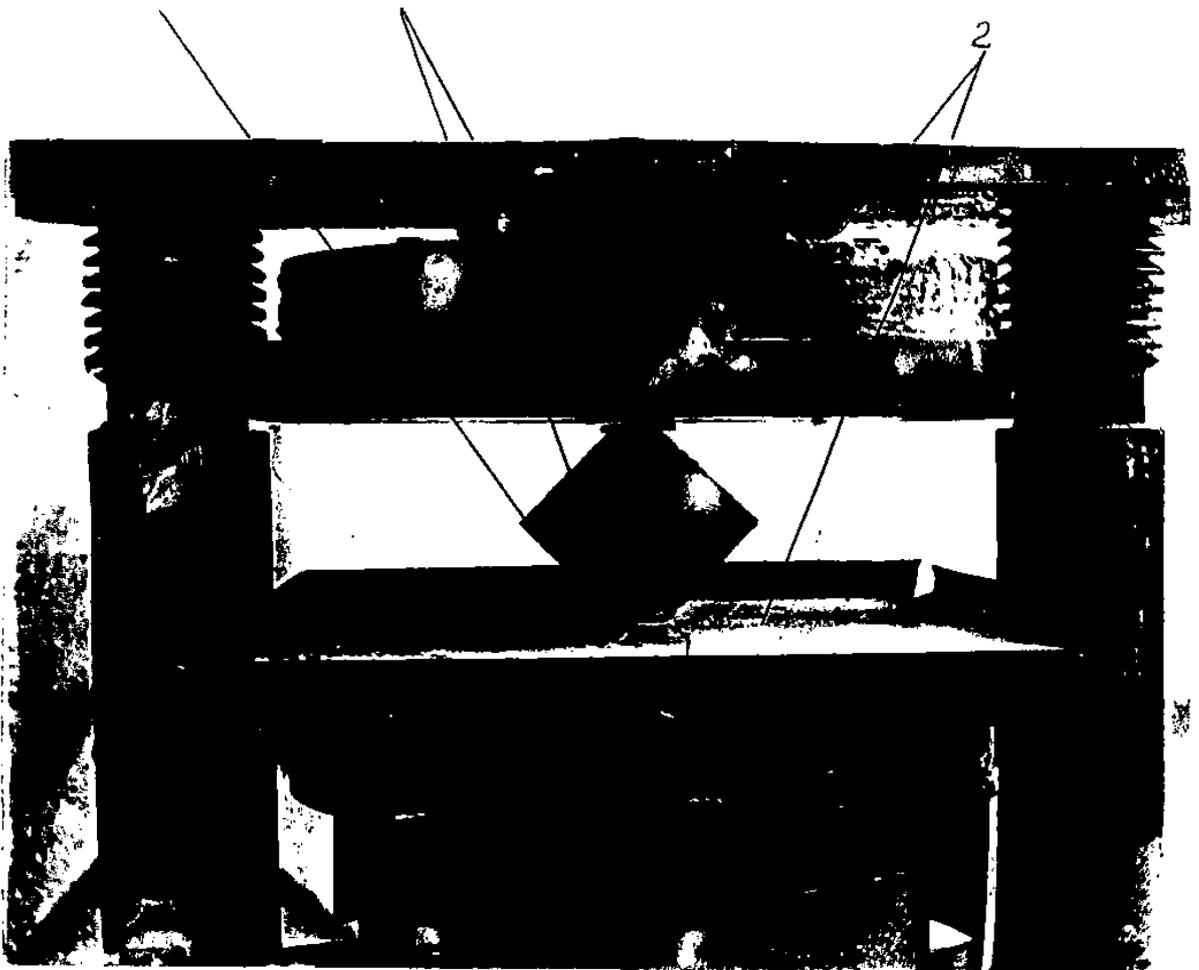


Рис. 2.9. Испытание кубов на растяжение при раскалывании.

- 1 - бетонный кубик
- 2 - плиты пресса
- 3 - металлическая прокладка

Другая часть призм находилась в цехе, где на бетон не действовала прямая солнечная радиация. Однако температура воздуха в цехе и влажность воздуха изменялись. Рядом с нагруженными призмами, для определения деформаций ползучести бетона стояли не нагруженные призмы для определения температурно-усадочных деформаций бетона. В жарком климате кроме деформации ползучести, одновременно протекают температурно-усадочные деформации бетона вызванные изменением влажности окружающего воздуха.

Поэтому на нагруженных призмах замерялись суммарные деформации бетона: деформация ползучести бетона от нагрузки и усадочно-температурные деформации бетона от изменения влажности и температуры воздуха. Для того,

чтобы определить опытные деформации ползучести бетона, надо из замеренных суммарных отделить усадочно-температурные деформации бетона. Деформации ползучести бетона определяли как средне арифметическое значение, полученное измерениями на двух призмах-близнецах. Измерение деформаций ползучести и усадочно-температурных деформаций бетона, а также температуры и влажности воздуха в этих экспериментах в начальный период проводилось ежедневно в одно и то же время суток. В последующем отсчеты снимались 1-2 раза в неделю. Длительность наблюдения составляла 340 ... 360 суток.

По результатам длительных испытаний вычисляли средние значения деформаций ползучести для каждого загруженного и усадочно-температурные деформации незагруженного образцов как среднее арифметическое приращение (по отношению к начальному отсчету) показаний приборов по четырем граням соответствующего образца. Дальнейшая обработка результатов испытаний осуществлялась согласно ГОСТ 24544-96 "Бетоны". "Методы определения деформаций усадки и ползучести".

2.7. Методика определения температурно-усадочных деформаций бетона в условиях сухого жаркого климата.

Совместное воздействия температуры и влажности воздуха на бетон приводит к возникновению в нем температурно-усадочных деформаций. Для изучения температурно-усадочных деформаций бетона были использованы призмы 10x10x40см. Одни призмы находились в цехе в тени внутри помещения, а другие находились на открытом воздухе под воздействием солнечной радиации. Измерения деформаций бетона производили переносным индикатором часового типа с ценой деления 0,001 мм. База измерений составляла 154 мм. Измерение температурно-усадочных деформаций бетона в начальный период проводилось ежедневно в одно и то же время суток, а в последующем 1-2 раза в неделю в течение 180 суток.

В сухом жарком климате во времени изменяются одновременно температура и влажность воздуха. Поэтому в призмах замерялись одновременно температурные деформации расширения бетона при подъеме температуры и деформации усадки от понижения влажности воздуха. Для того, чтобы определить опытные деформации усадки надо учесть температурные деформации бетона. На рис. 2.11 показана схема установки для измерения усадочно-температурных деформаций бетона. Деформация усадки бетона при рассматриваемых температурно-влажностных условиях сухого жаркого климата будут равны.

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{tt} - \varepsilon_{bt} \quad (2.1)$$

ε_{tt} – деформация температурного расширения бетона,

ε_{bt} – замеренные температурно-усадочные деформации бетона, проявившиеся в климатических условиях.

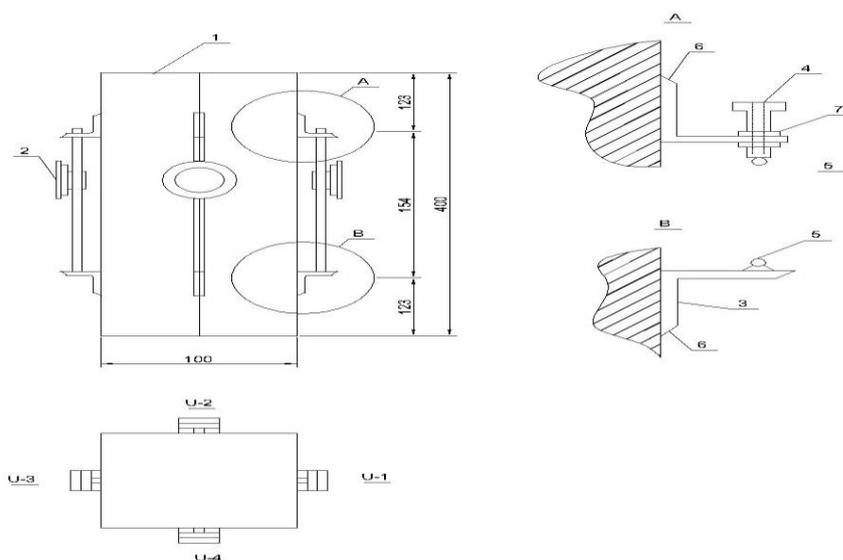


Рис. 2.10. Схема замера температурно-усадочных деформаций бетона в условиях жаркого климата.

1-образец-призма

2-мессура

3-уголок размером 35x35 мм.

4-болт

5-шарик 4 мм

6-клей на эпоксидной смоле ЭП-5

7-гайка.

Таким образом, для определения деформаций усадки из общих температурно-усадочных деформаций бетона следует высчитать деформации температурного расширения бетона в зависимости от изменения температуры

$$\varepsilon_{1tt} = \alpha_{1tt} \cdot (t - t_{10}) \quad (2.2)$$

t, t_0 - конечная и исходная температуры

α_{tt} - коэффициент температурного расширения бетона

Для определения деформации температурного расширения бетона были испытаны призмы 10x10x40 см последующей методике: бетонные призмы

высушивали до постоянного веса в течение трех часов в климатической камере "Фейтрон" при температуре ($t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$) и влажности $W = 40 \%$.

После чего в течение четырех часов температура в камере поднималась на $10 \text{ }^\circ\text{C}$, проводилось измерение температурных деформаций бетона. Температура доводилась до $80 \text{ }^\circ\text{C}$, что дало возможность получить температурные деформации расширения бетона с изменением температуры. Из замеренных суммарных температурно – усадочных деформаций бетона призм, находящихся в цеху и на открытом воздухе отделяли температурные деформации бетона, полученные на высушенных призмах в камере "Фейтрон" и получали опытные деформации усадки бетона для сухого жаркого климата.

3. ВЛИЯНИЕ СУХОГО ЖАРКОГО КЛИМАТА НА РАБОТУ ВНЕЦЕНТРЕННО-СЖАТЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.

3.1. Температура и влажность воздуха во время проведения испытаний.

Во время проведения опытов максимальная температура воздуха в летний период была зафиксирована в 15 часов 20.06.88 $+40 \text{ }^\circ\text{C}$ а минимальная в 9 часов 16. 08. 88 $+ 21 \text{ }^\circ\text{C}$, влажность воздуха соответственно 27 и 58 %. Максимальная влажность воздуха в этот период за фиксирована в 9 часов 1.08.88-75 % и минимальная в 15 часов 13.07.88 - 23% (рис. 3.1) и температура воздуха

соответственно 27 и 34 С. В июле месяце с 15 до 21 часа температура в среднем составляла 32 °С , и средняя влажность воздуха 40 % (рис. 3.2). В зимний период влажность воздуха изменялась от 32 до 98 %, а температура +15 °С до – 6 °С.

Начиная с начала июля до января температура воздуха снижалась до минимальных значений, а влажность в это время увеличивалась до 98 %. С января до июля температура воздуха поднималась до максимума (15 часов дня) 40 °С , а влажность снижалась до 22 %. В этот период резких суточных перепадов температуры воздуха не наблюдалось, а влажность воздуха в отдельные сутки и недели резко изменялась от 20 до 95 %.

При расчете конструкций не защищенных от воздействия солнечной радиаций по СНиП 2.01.07-85 /32/ рекомендуется средние суточные температуры наружного воздуха в теплое и холодное время года определять по формулам:

$$t_{ew} = t_{VII} + \Delta_{VII} \quad (3.1)$$

$$t_{ec} = t_I - \Delta_I \quad (3.2)$$

где t_I, t_{VII} – много летние средние температуры воздуха в январе и июле.
Для Намангана соответственно 5 и 25°С .

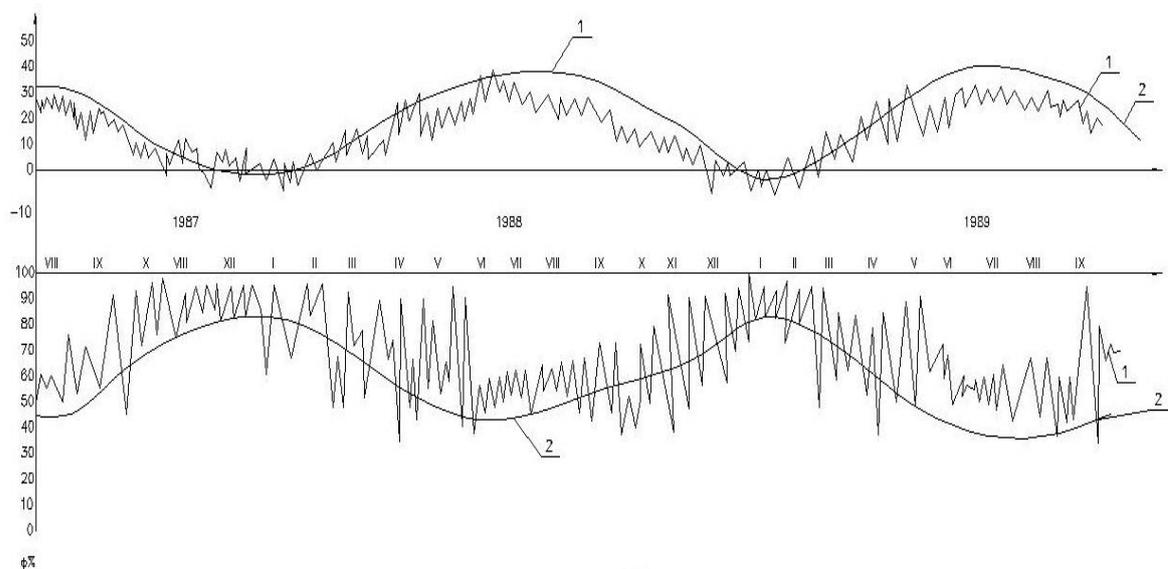


Рис. 3.1. Изменение температуры и влажности воздуха в 9 часов утра.

1-Фактическая температура °С и влажность воздуха в %

2-Средне месячные изменения температуры и влажности воздуха по СНиП 2.01.01-94.

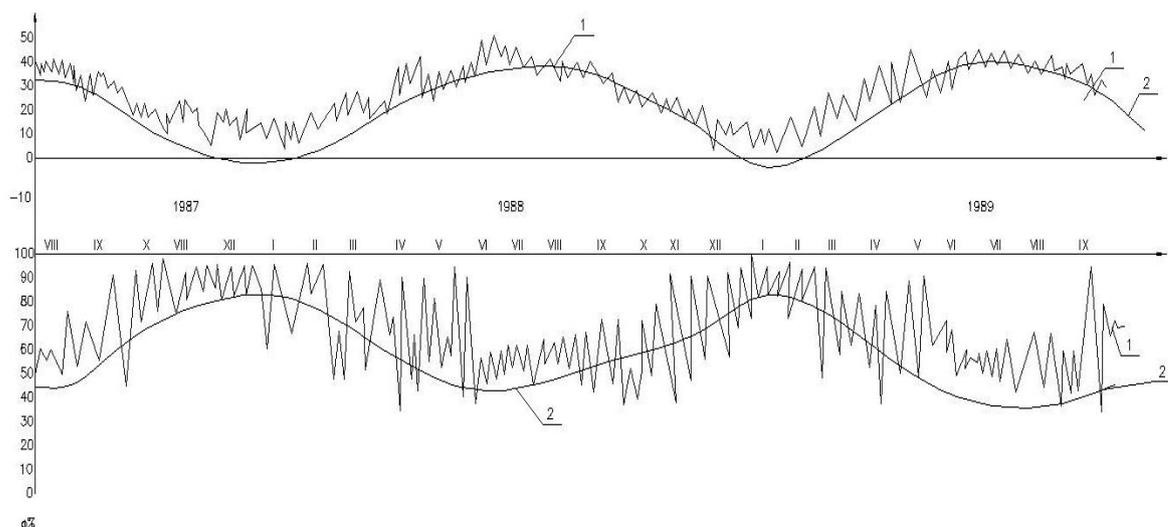


Рис. 3.2. Изменение температуры и влажности воздуха в 15.00 час. дня.

1-Фактическая температура $^{\circ}\text{C}$ и влажность воздуха в %

2-Средне месячные изменения температуры и влажности воздуха по СНиП 2.01.01-94.

Δ_I, Δ_{VII} – отклонения средних суточных температур от средних месячных.

Для Намангана /32/ $\Delta_I = 10^{\circ}\text{C}$, $\Delta_{VII} = 6^{\circ}\text{C}$

В 9 и 21 час. замеренные температуры наружного воздуха соответствовали нормативным значениям, определенным по формулам (3.1) и (3.2), (рис. 3.3).

Средняя относительная влажность наружного воздуха в 21 час в летний период оказалась на 10-15 % ниже, чем средняя месячная относительная влажность воздуха по СНиП 2.01.01-94 /40/.

Расчетные значения температуры воздуха утром соответствуют средне-месячной температуре воздуха по СНиП 2.01.01-94 /40/.

Общая закономерность изменения температуры воздуха за период наблюдений совпадает с закономерностью изменений средне-месячной температуры воздуха по СНиП 2.01.01-94

3.2 Распределение температуры и влажности в бетоне по сечению колонн.

В наиболее неблагоприятных климатических условиях сухого жаркого климата находятся конструкции, непосредственно подверженные солнечной

радиации. Наблюдения за кинетикой изменения температуры бетона в железобетонном элементе показали, что при температуре внешней среды $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ температура бетона под воздействием солнечной радиации доходит до $48\text{ }^{\circ}\text{C}$ при минимальной влажности среды 20% . С повышением температуры воздуха в летний период повышается температура на поверхности бетона особенно подверженной прямой солнечной радиации. Начиная с 11-13 часов, температура воздуха повышается быстрее, а температура бетона в сечении ниже температуры наружного воздуха. На обращенной к солнцу поверхности элемента бетон нагревается быстрее, чем на теневой поверхности. В 14 часов эта разница составляет $8 \dots 16\text{ }^{\circ}\text{C}$ за счет солнечной радиации с 14 до 21 часа наблюдается прогревание внутренних слоев бетона (рис. 3. 4-3. б).

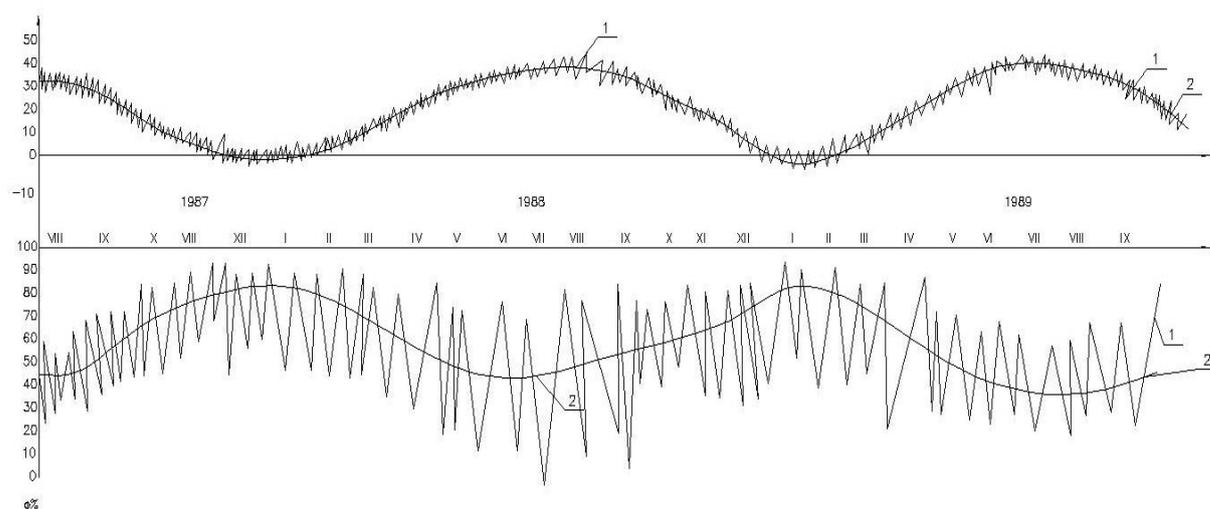


Рис. 3.3. Изменение температуры и влажности воздуха в 21.00 час. вечера.

2-Средне месячные изменения температуры и влажности воздуха по СНиП 2.01.01.-94.

С повышением температуры воздуха повышается температура бетона, причем, начиная с 13.00 часов, температура бетона на поверхности колонн начинает превышать температуру воздуха на $13\dots17\text{ }^{\circ}\text{C}$, особенно со стороны, подверженной прямой солнечной радиации. Максимальная зафиксированная температура на поверхности бетона в июле месяце в 14 часов дня была $45\dots48\text{ }^{\circ}\text{C}$, которая превышает температуру воздуха на $12\dots18\text{ }^{\circ}\text{C}$. (рис. 3. 7-3. 9).

Имеет место равномерный прогрев с повышением температуры воздуха с

7.00 до 12.00. Начиная с 13.00 часов, повышение температуры бетона поверхности бетона опережает рост температуры бетона в середине сечения на 10... 12^{°C} .

Начиная с 18 часов, происходит понижение температуры бетона, к 20-00 часам температура бетона по сечению выравнивается. С 22.00 часов снижение температуры бетона колонн начинает отставать от снижения температуры воздуха, и остывание бетона идет на поверхности бетона быстрее, чем в середине сечения. (рис. 3. 7-3. 9).

На рис. 3.10 приведены данные по изменению температуры воздуха и бетона в сечении колонны в 15. 00 часов в течение 1 года в условиях сухого жаркого климата. Изменения температуры бетона следуют за изменениями температуры воздуха и носят синусоидальный характер. Начиная с мая месяца и до октября, температура бетона в сечении колонн колеблется в пределах 30-48^{°C} при перепадах по сечению 8-11^{°C} . В осенний период также наиболее нагретой оказывается бетонная поверхность элемента, обращенная в сторону солнца. Это можно объяснить низким горизонтом солнца в осенний период.

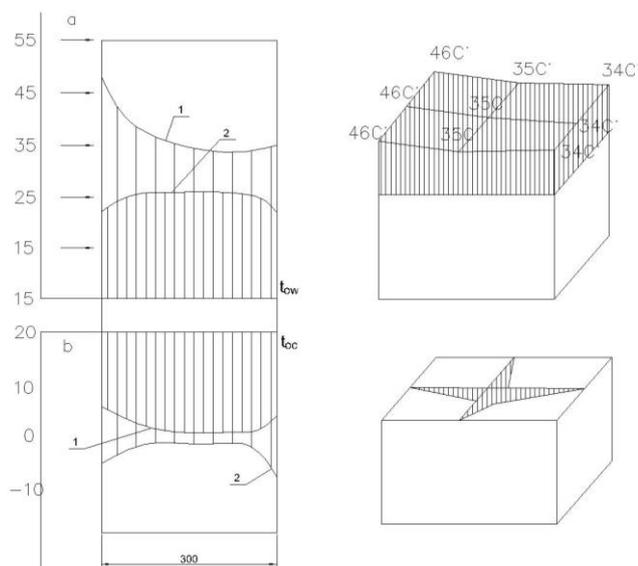


Рис. 3.4. Распределение температуры по сечению в наиболее жаркое /а/ и наиболее /б/ время года при воздействии солнечной радиации на растянутую зону колонн.

1-в наиболее жаркое время суток;

2-в наиболее холодное;

3-направление солнечной радиации.

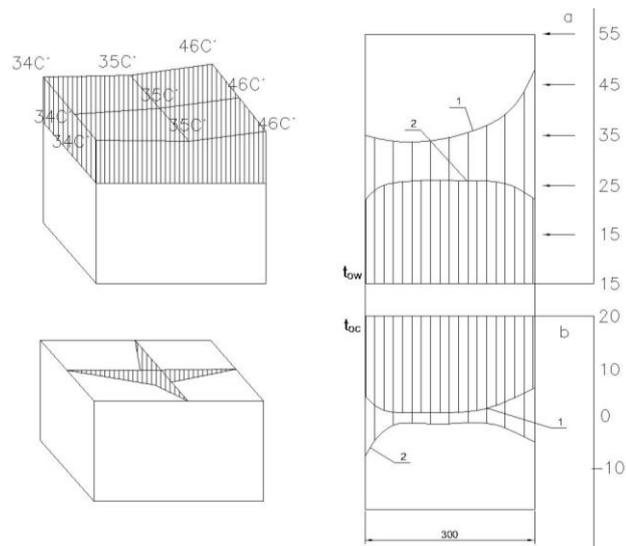


Рис.3.5 Распределение температуры по сечению в наиболее жаркое /а/ и наиболее /б/ время года при воздействии солнечной радиации на сжатую зону колонн.

- 1-в наиболее жаркое время суток;
- 2-в наиболее холодное;
- 3-направление солнечной радиации.

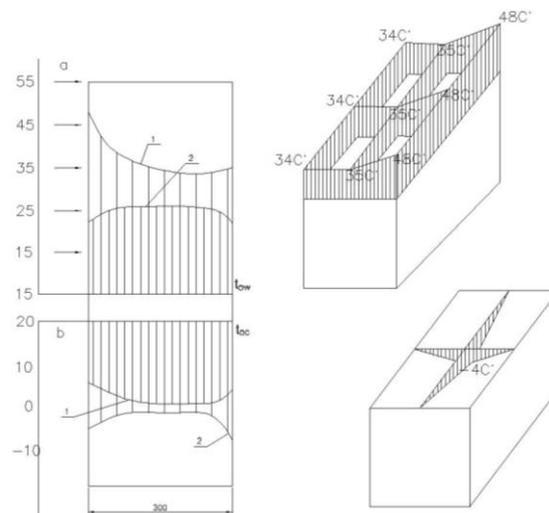


Рис. 3.6 Распределение температуры по сечению в наиболее жаркое /а/ и наиболее /б/ время года при воздействии солнечной радиации на боковую поверхность колонн.

- 1-в наиболее жаркое время суток;
- 2-в наиболее холодное;

3-направление солнечной радиации.

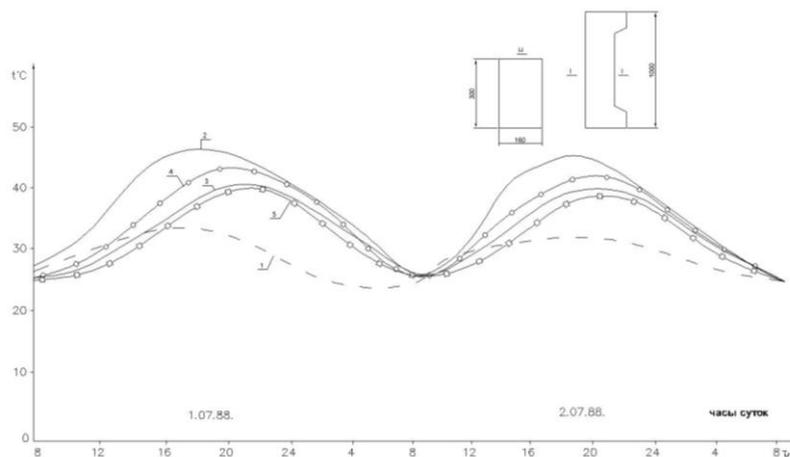


Рис. 3.7 Изменение температуры бетона в железобетонном элементе при воздействии солнечной радиации со стороны растянутой грани в течение 2-х суток наиболее жаркого месяца.

- 1-температура воздуха;
- 2-на поверхности обращенной к солнцу;
- 3-противоположной поверхности;
- 4- на глубине 30мм;
- 5- в середине сечения.

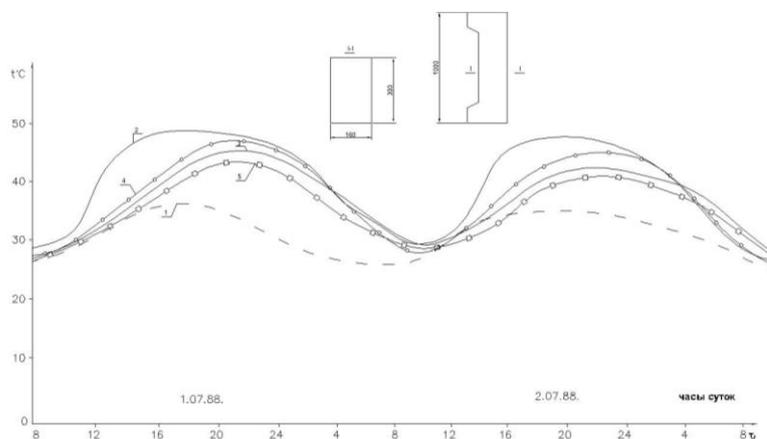


Рис. 3.8. Изменение температуры бетона в железобетонном элементе при воздействии солнечной радиации со стороны сжатой грани в течение 2-х суток.

- 1-температура воздуха;
- 2-на поверхности обращенной к солнцу;
- 3-противоположной поверхности;
- 4- на глубине 30мм;
- 5- в середине сечения.

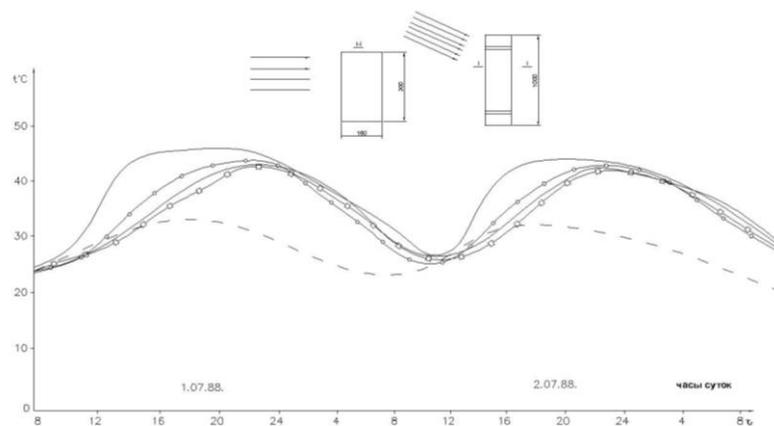


Рис. 3.9. Изменение температуры бетона в железобетонном элементе при воздействии солнечной радиации со стороны боковой поверхности в течение 2-х суток.

Цифры на кривых-номера термопар

X-место расположения термопар

1-5 номера термопар

6-температура воздуха.

В течение суток днем с 9 до 14 часов температура поднимается от 17 до 27 °С и перепад температуры составляет соответственно 10 °С. С ноября месяца до декабря и с марта месяца до мая температура бетона колонн колеблется от 5 до 25 °С при перепадах по высоте сечения 6... 8 °С. В зимний период температура бетона колонн колеблется в пределах от +4 до -4 при температуре воздуха -7 °С, а перепады температуры бетона по сечению достигает 4...7 °С. Сезонные перепады температур бетона составляют днем 49 °С и ночью 22 °С. В образцах, с повышением температуры и снижением относительной влажности окружающей среды к месячному возрасту влажность уменьшилась на 5-6 %, а через месяца 3 влажность составляла 1-4 %, что соответствовало нормальной влажности железобетонных конструкций находящихся в воздушно-сухих условиях эксплуатации.

В образцах, хранившихся в цеху в тени, такого же возраста влажность составляла 4 %. Таким образом, наибольшая температура в железобетонных

элементах в условиях сухого жаркого климата, с точки зрения влияния температурно-влажностных условий среды, является летний период с июля по август месяц, а в течение суток-период с 14 до 17 часов.

3.3 Физико-механические свойства бетона в условиях сухого жаркого климата.

Прочность на сжатие и растяжение. Твердение бетона в условиях сухого жаркого климата приводят к изменению его прочности по сравнению с аналогичной характеристикой, получаемой для бетона твердеющего в нормальных температурного – влажностных условиях. Эти изменения в основном связаны с физико-химическими процессами, протекающими в твердеющем бетоне во время которое обуславливает закономерность проявления прочностных характеристик. Совместное переменное действие температуры, солнечной радиаций и низкая относительная влажность приводит к изменению прочности.

При этом отмеченные изменения зависят от возраста бетона. Для установления характера изменения прочности бетона во времени были проанализированы результаты испытаний образцов твердеющих на открытом воздухе под воздействием солнечной радиации и защищенных от солнечной радиации в цеху после 7-дневного влажного хранения бетона во влажных опилках. Образцы были изготовлены в июле месяце, когда температура воздуха была 35 °C и влажность - 20 %.

В табл. 3.1 приведены результаты экспериментальных исследований, показывающие кинетику изменения прочностных и деформативных характеристики бетона во времени при кратковременном нагружении.

Сравнительный анализ данных приведенных в табл. 3.1 , показывает, что в возрасте 28 суток бетон, твердевший на открытом воздухе под солнечной радиацией обнаруживает недобор кубиковой и призмной прочности в пределах 5-10 % по отношению к бетону, твердевшему в цеху и защищенному от солнечной радиации.

Снижение значений этих показателей, по всей вероятности, связано с деструктивными процессами, происходящими в бетоне, при его твердении в природных условиях сухого жаркого климата.

В раннем возрасте бетона в условиях сухого жаркого климата при повышенной температуре происходит более интенсивный рост прочности бетона, чем в нормальных условиях. В течение года рост прочности при хранении на открытом воздухе под воздействием солнечной радиации достигал 8 %, в цеху 11 % от прочности бетона в 28 суток (табл. 3.1).

Вместе с тем из данных таблицы также можно заметить отсутствие значительного роста в прочности бетона в наиболее поздних сроках твердения в природных условиях сухого жаркого климата.

Таблица 3.1

Условия твердения	Возраст бетона /сутки/	$R \frac{MПа}{н/}$	$R_b \frac{MПа}{н/}$	K_{BC}	$R_{bt} \frac{MПа}{н/}$	$E \frac{MПа}{н/}$	$\varepsilon_{bc} \times 10^{-5}$
Под влиянием солнечной радиации	28	$\frac{16.6}{100}$	$\frac{14.4}{100}$	0.86	$\frac{1.8}{100}$	$\frac{20400}{100}$	$\frac{125}{100}$
	60	$\frac{17.5}{106}$	$\frac{14.9}{103}$	0.85	$\frac{1.70}{0.94}$	$\frac{20600}{100.9}$	$\frac{128}{102}$
	180	$\frac{17.8}{106}$	$\frac{15.1}{104}$	0.84	$\frac{1.78}{0.98}$	$\frac{21000}{102}$	$\frac{133}{100}$
	360	$\frac{18.0}{108}$	$\frac{15.3}{106}$	0.85	$\frac{1.81}{100}$	$\frac{24600}{100}$	$\frac{136}{108}$
В тени В цеху $t= 25...35^{\circ}C$ $w= 65...70^{\circ}C$	28	$\frac{19.8}{100}$	$\frac{17.5}{100}$	0.88	$\frac{2.03}{100}$	$\frac{24600}{100}$	$\frac{118}{100}$
	60	$\frac{20.9}{105}$	$\frac{18.1}{105}$	0.86	$\frac{2.2}{108}$	$\frac{25200}{102}$	$\frac{120}{101}$
	180	$\frac{21.4}{108}$	$\frac{18.8}{107}$	0.87	$\frac{2.3}{113}$	$\frac{26000}{105}$	$\frac{123}{104}$
	360	$\frac{22.1}{123}$	$\frac{19.0}{108}$	0.86	$\frac{2.5}{123}$	$\frac{26400}{107}$	$\frac{126}{106}$

Рост призмной прочности бетона находящегося под воздействием

солнечной радиации, был менее интенсивным, чем рост призмочной прочности бетона находящегося в цеху и составлял соответственно 6 % за год. Призмочная прочность бетона за год нахождения сухом жарком климате под влиянием солнечной радиации возрастала в меньшей степени, чем кубиковая прочность. Практический интерес представляют результаты определения коэффициента призмочной прочности $K_{вс}$. Так, например, согласно СНиП 2.03.01-96 величина $K_{вс}$ принята одинаковой для легких и тяжелых бетонов и должна быть не менее 0,72.

Полученные данные коэффициентов призмочной прочности $K_{вс}$ представленных в табл.3.1 указывают на некоторое влияние условий твердения. Установлено понижение среднего значения $K_{вс}$ до 8 % при твердении бетона под влиянием солнечной радиации.

Как следует из рис.3.11 опытные данные по коэффициенту призмочной прочности образцов находящихся в природных условиях сухого жаркого климата не совпадают с опытными точками для бетона в нормальных условиях.

Прочность бетона на растяжении находящегося под воздействием солнечной радиации меньше, чем прочность бетона на растяжении находящегося в цеху. Это можно объяснить повышением температуры воздуха и понижением его относительной влажности. Прочность на растяжение в возрасте 28 и 360 суток при хранении на открытом воздухе под воздействием солнечной радиации соответственно ниже на 12 % и 14 %, чем прочность бетона на растяжение находящегося в цеху. Существенная разница между прочностью бетона на растяжение твердевшего в условиях сухого жаркого климата и в нормальных условиях является результатом возникновения напряжений от температурного и влажностного градиентов, приводящих к напряжению в бетоне. Изменение прочности бетона в условиях сухого жаркого климата является результатом влияния циклических суточных и сезонных изменений температуры и влажности среды.

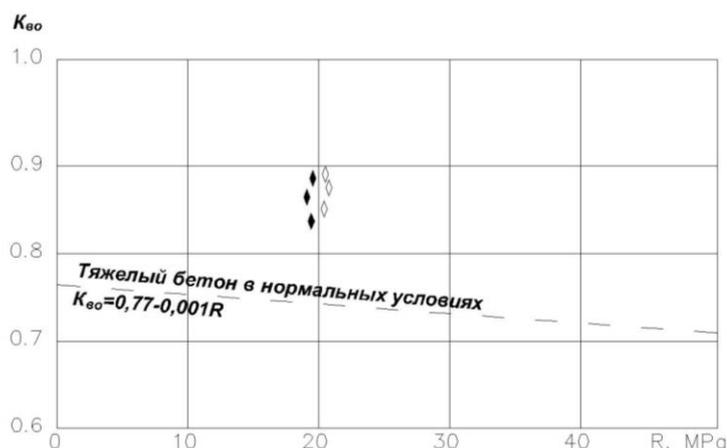


Рис.3.11 Коэффициент призменной прочности бетона в условиях сухого жаркого климата.

- ◆ --- под солнечной радиацией.
- ◇ --- в условиях сухого жаркого климата в цеху;

Если нарастание прочности бетона во времени в нормальных условиях твердения носит непрерывный нарастающий характер, то здесь такого не наблюдается из-за влияния внешней среды, что придает некоторые особенности происходящим физико-химическим процессам в структуре бетона. В условиях сухого жаркого климата кроме температуры на бетон действует низкая относительная влажность воздуха. Это вызывает изменение гигрометрического состояния бетона. Под воздействием солнечной радиации прочность изменяется в большей степени чем для бетона, защищенного от прямого попадания солнечных лучей.

На рис. 3.12 нанесены опытные значения прочности на сжатие бетона находящегося под влиянием солнечной радиации /3/ и в цеху /4/ Тут же приведена закономерность нарастания прочности тяжелого бетона в нормальных условиях по логарифмической зависимости,

$$R_{\tau} = R_{28} \cdot \frac{\lg \tau}{\lg 28} \quad (3.3)$$

Где R_{τ} – прочность бетона в возрасте τ .

R_{28} – прочность бетона в возрасте 28 суток

τ – возраст бетона, сутки.

Оценка нарастания прочности бетона по формуле (3.3) была выведена на основе анализа обширного экспериментального материала, полученного для бетонов различной прочности, твердеющих при нормальных условиях.

Опытные данные полученные в работе /73/ применительно к бетонам твердеющим в нормальных условиях также соответствуют установленной теоретической закономерности по (3.3).

Однако, в условиях сухого жаркого климата прочность нажатие меньше, чем в нормальных условиях. Чем больше влияние сухого жаркого климата на бетон, тем больше расходятся значения прочности бетона по сравнению с нормальным хранением.

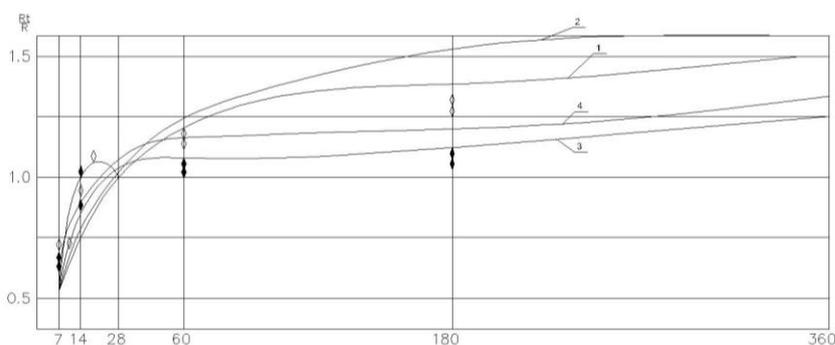


Рис.3.12 Характер изменения прочности бетона во времени при твердении в нормальных условиях и в условиях сухого жаркого климата.

1 и 2 – по логарифмической зависимости для бетона с прочностью 20 и 15 МПа в нормальных условиях;

3- под влиянием солнечной радиации (темные точки);

4- в условиях сухого жаркого климата в цеху (светлые точки)

Прочность бетона зависит также от времени года изготовления.

Таким образом, в природных условиях на прочность бетона существенное влияние оказывает сезон его приготовления, степень завершенности процесса гидратации и гигрометрическое состояние бетона в момент приложения нагрузки.

3.4. Модуль упругости и предельная сжимаемость бетона

Влияние условий сухого жаркого климата на начальный модуль упругости бетона (табл. 3.1) в основном связано с его прочностью, которая в свою очередь зависит от сформировавшейся структуры бетона под воздействием климатических факторов. Снижение прочности бетона, твердевшего под влиянием солнечной радиации, при одновременном некотором повышении предельной сжимаемости увеличивает значение ее неупругой составляющей, что приводит к уменьшению величины начального модуля упругости, которая по данным настоящих экспериментов составила не более 20 %. О степени указанного снижения можно судить также по опытным данным приведенным в таблице 3. 2.

Таблица 3.2.

Отношение	$E_b^c/E_b^ц$	В возрасте	сутки
28	60	180	360
0,82	0,81	0,80	0,81

Примечание: Показатели "С" и "Ц" означают модуль упругости бетона соответственно хранящегося под влиянием солнечной радиации и в цеху.

Как следует из данных табл. 3.3 , значение начального модуля упругости в различных возрастах бетона, твердевшего под влиянием солнечной радиации, на 18-20 % ниже чем образцы твердевшего в цеху.

Обнаруженная экспериментальная зависимость еще раз подтверждает, что бетон в условиях сухого жаркого климата имеет некоторую нарушенную структуру из-за чего его модуль упругости несколько ниже, чем в нормальных условиях. Из таблицы 3.1 можно заметить, модуль упругости бетона увеличивается с возрастом, но в меньшей степени чем при нормальном твердении.

Несколько другой вывод вытекает по изменению предельной сжимаемости в условиях сухого жаркого климата. При этом изменения предельной

сжимаемости бетона находиться в зависимости от условий твердения бетона.

Так, по данным табл. 3.1 можно установить, что предельная сжимаемость бетона, твердевшего под влиянием солнечной радиации на 8 % больше по сравнению с бетоном твердевшим в цеху.

Кроме того, по данным этой таблицы можно обнаружить зависимость предельной сжимаемости бетона в условиях сухого жаркого климата от возраста бетона, с ростом которого она имеет тенденцию к повышению. На основе этих исследований можно заключить и о существовании определенной связи между предельной сжимаемостью и начальным модулем упругости, а точнее между упругой составляющей предельной деформации и начальным модулем упругости бетона. При анализе опытных данных, полученных по предельной сжимаемости бетона, суммарная предельная деформация была условно разделена на два компонента – упругую и неупругую в соответствии с методикой /52/. Неупругие деформации указывают на пластические деформации в цементном камне и на развитие микроразрушений в структуре бетона по мере роста нагрузки вплоть до разрушения и имеют физическую природу, отличную от упругой составляющей.

На рис. 3.13 приведены результаты такой обработки, где также указана среднестатистическая зависимость (сплошная линия) для тяжелого бетона твердеющего в условиях умеренного климата, полученная в ЦНИИСе. Из данных рис. 3,13 отчетливо видно, что неупругая составляющая предельных деформаций бетона под влиянием солнечной радиации больше, чем для бетонов, твердеющих в условиях умеренного климата. Это говорит о том, что у таких бетонов неупругая составляющая больше, чем аналогичная характеристика бетонов, не испытывающих отрицательное воздействие климатических факторов сухого жаркого климата Средней Азии.

Все это непосредственно влияет на модуль упругости бетона в условиях сухого жаркого климата под солнечной радиацией, когда он уменьшается по сравнению с постоянными температурно-влажностными условиями в цеху (табл.3.3),

Для оценки изменения модуля упругости бетона в условиях сухого жаркого климата под солнечной радиацией, данные по модулю упругости бетона в нормальных температурно-влажностных условиях были приняты за единицу и по отношению к ним проводилось вычисление коэффициента β_b , характеризующего указанное изменение.

Изменения модуля упругости бетона в условиях сухого жаркого климата

Таблица 3. 3

Условия твердения	Коэффициент $\beta_b = \frac{E_{bt}}{E_b}$ в условиях сухого жаркого климата в возрасте, сут		
	28	60	180
Под влиянием солнечной радиации	0.92	0.83	0.80

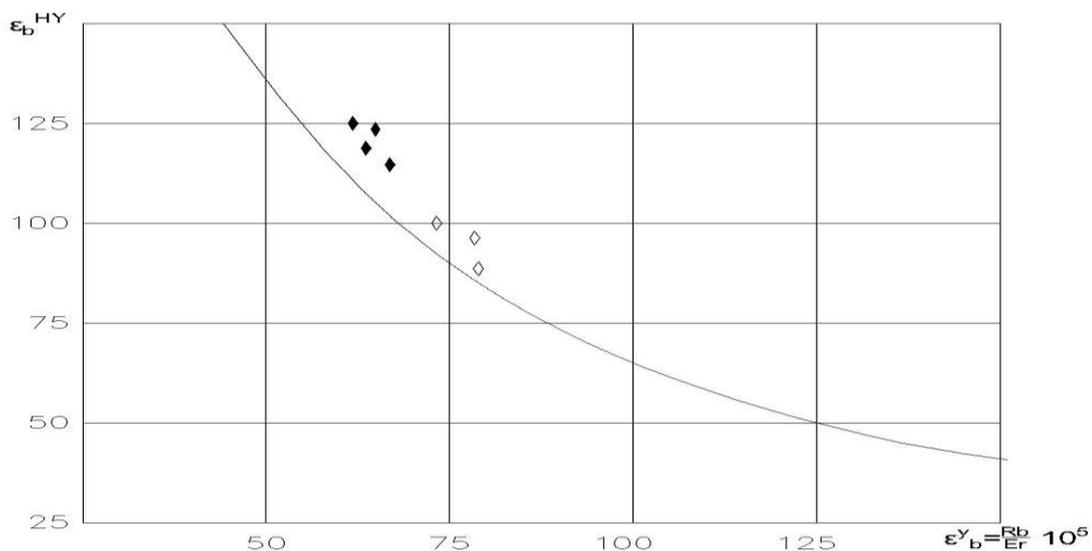


Рис.3.13 Зависимость предельных неупругих ϵ_b^{HY} и ϵ_b^Y деформации для бетона, твердеющего в условиях сухо жарково климата.

- ◆ - под влиянием солнечной радиации;
- ◇ - в условиях сухого жаркого климата в цеху;

Полученные данные наглядно показывают, что начальный модуль упругости бетона в климатических условиях сухого жаркого климата под влиянием солнечной радиации снижается по сравнению с аналогичной характеристикой бетона, твердеющего в нормальных температурно-влажностных условиях. Это снижение кроме возраста бетона к моменту нагрузки зависит от условий твердения в условиях сухого жаркого климата. Изменения во времени прочности и деформаций бетона диктует характер начального модуля упругости. Проанализируем закономерности изменения модуля упругости бетона, полученного в климатических условиях, в зависимости от его прочности, как это сделано в нормах проектирования /56/ для бетона нормального характера. Результаты обработки показывают (рис. 3.14) , что характер взаимосвязи упругих и прочностных характеристик бетона во всем диапазоне их изменения имеют устойчивую корреляционную связь, которая может аппроксимироваться выражением следующего вида:

$$E_b = \frac{27500 + R}{200 + R} \quad (3.4)$$

Полученное выражение (3.4) свидетельствует о том, что модуль упругости бетона в условиях сухого жаркого климата возрастает с увеличением прочности бетона на сжатие. Опыты показали, что фактические значения предельной деформации бетона в условиях сухого жаркого климата несколько больше, чем в нормальных, и колеблются в довольно широких пределах в зависимости от его прочности и возраста приложения нагрузки. Изменения предельной сжимаемости бетона в условиях сухого жаркого климата приведено в табл. 3. 4.

Средние значения отклонения предельной сжимаемости указывают на то, что их надо рассматривать в зависимости от возраста бетона к моменту приложения нагрузки и условий твердения. Так, например, для бетона находящегося под влиянием солнечной радиации увеличение предельной сжимаемости равно 1,05 , 1,03, 1,12 и 1,15 соответственно для 28, 60, 180, и 360 суток, а для бетона находящегося в цеху, 1,04 , 1,08 и 1,1 для тех же возрастов.

Изменения предельной сжимаемости во времени в условиях сухого жаркого климата

Таблица 3. 4

Условия : твердения	Увеличение предельной сжимаемости бетона в условиях сухого жаркого климата в возрасте, сут.			
	28	60	180	360
Под влиянием солнечной радиации	1,05	1.08	1.12	1.15
Вцеку /постоянное температурно-влажностное условие/ t = 25..35 °C W = 65... 70 %	1.0	10.1	1.04	1,06

Наличие корреляционной связи между начальным модулем упругости бетона и его прочностью в условиях сухого жаркого климата ориентирует на такую зависимость и для предельной деформативности бетона. Не исключено, что в этом случае характер взаимосвязи предельной сжимаемости и прочности бетона будет отличен от нормальных условий. В зависимости от прочности бетона в условиях сухого жаркого климата к моменту испытаний на график наносили соответствующие опытные значения полных деформаций (рис. 3.14). Видно, что между рассматриваемыми величинами существует достаточно тесная корреляционная связь, подчиняющаяся выражению следующего вида:

$$\varepsilon_D \cdot 10^{-5} = 24.1 \sqrt[3]{R^2} \quad (3.5)$$

где : R – прочность бетона в момент приложения нагрузки, МПа.

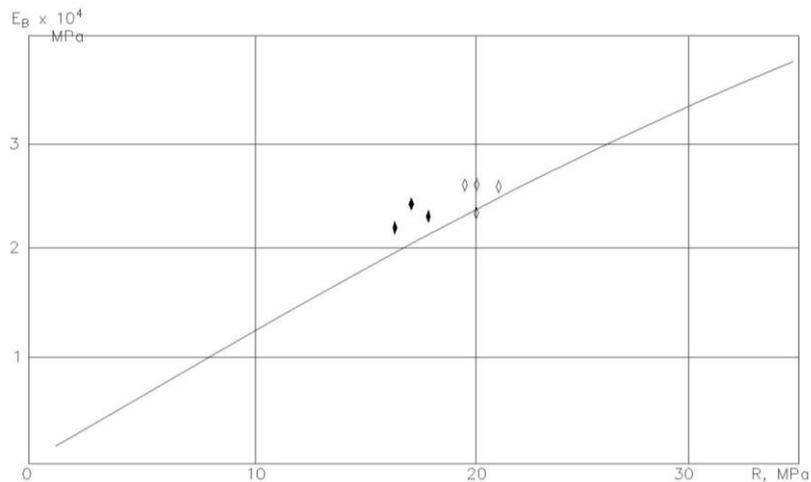


Рис.3.14 Модуль упругости бетона в условиях сухого жаркого климата от его кубиковой прочности.

- ◆ - под влиянием солнечной радиации;
- ◇ - в цеху(в тени).

Данное выражение (3.5) подтверждает высказанную точку зрения о взаимосвязи предельной сжимаемости бетона в условиях сухого жаркого климата с его прочностью. Результаты проведенных расчетов (3.5) показали, что теоретические значения близки к опытным. При этом среднее значение отношения опытных данных к расчетным составило 1,05 при коэффициенте вариации 14,4 % , что дает основание рекомендовать выражение (3.5) для практического применения.

Деформации усадки и ползучести бетона оказывают существенное влияние на напряженно-деформированное состояние железобетонных конструкций.

Это влияние может быть существенным, в особенности для железобетонных элементов, изготовляемых и эксплуатируемых в сухом жарком климате, так как при этом суточные и сезонные колебания температуры и влажности вызывают большее удаление влаги из бетона.

В результате этого в бетоне развиваются усадочные напряжения, приводящие к образованию трещин в бетоне. Правильная оценка деформаций усадки и ползучести конструкций имеет важную роль. Усадочно-температурные

деформации бетона находящегося под воздействием повышенной температуры и низкой влажности в сочетании с солнечной радиацией, носят достаточно сложный характер. Можно выделить следующие основные особенности этих деформаций: температурные деформации бетона от нагрева и развитие дополнительной усадки по сравнению с нормальными условиями от изменения влажности сухого жаркого климата. Действие повышенной температуры ($t_{cp} \geq 30^{\circ}\text{C}$) ускоряет развитие деформаций усадки бетона и при этом удаляется относительно большое количество влаги. Закономерности развития деформаций усадки и ползучести тяжелого бетона в природных условиях сухого жаркого климата были ранее подробно исследованы в работах Е. Н. Щербакова, Р. Мамаджанова и Р. Р. Юсупова. В этих работах [59,102] предложено аппроксимировать кривые ползучести и усадки бетона в природных условиях сухого жаркого климата плавными кривыми вида (1,1) и (2,2), которые являются огибающими по отношению к фактическим.

Изучение температурно-усадочных деформаций бетона в условиях сухого жаркого климата включало следующие этапы:

- определение коэффициента температурного расширения бетона;
- изучение деформаций усадки и характера их развития во времени.

На рис. 3.15 представлены средние значения коэффициента температурного расширения бетона. Изучение деформаций усадки бетонов осуществлялось после 7 суточного влажного хранения, под опилками. Нулевые замеры были проведены через 2 часа после распалубки образцов. На рис. 3.16 представлены кривые развития усадочных деформаций бетона, изготовленного в летнее время года (июнь месяц) и твердевшего под влиянием солнечной радиации и в цеху защищенные от воздействия солнечной радиации.

Анализ кривых деформаций усадки образцов в природных условиях сухого жаркого климата показывает, что основные закономерности их развития наблюдаются в жаркие месяцы по сравнению с бетонами, не испытывающими влияния солнечной радиации.

В отличие от кривых для бетона, твердевшего в лабораторных условиях, твердение в природных условиях приводит к более интенсивному накоплению деформаций усадки в начальный период за счет влияния низко влажности, климатической температуры и солнечной радиации.

Так, например, к 100 суткам деформации усадки бетона составляют 65-75 % от наблюдаемых к 180 суткам. Усадка бетона также зависила от величины начальной влажности и интенсивности влагопотерь бетона. Интенсивность влагопотерь бетона является изменчивой величиной. В постоянных температурно-влажностных условиях в цеху ($t= 25... 35^{\circ} \text{C}$ $W= 65... 70\%$) потери влаги бетона в первые 3-4 месяца после бетонирования происходит наиболее интенсивно, но в следующие 2-3 месяца происходит почти линейно, менее интенсивно, и затем до конца года стабилизируется. Влагопотери бетона летнего сезона изготовления в первые 2-3 месяца почти в два раза больше чем в цеху (рис. 3.17).

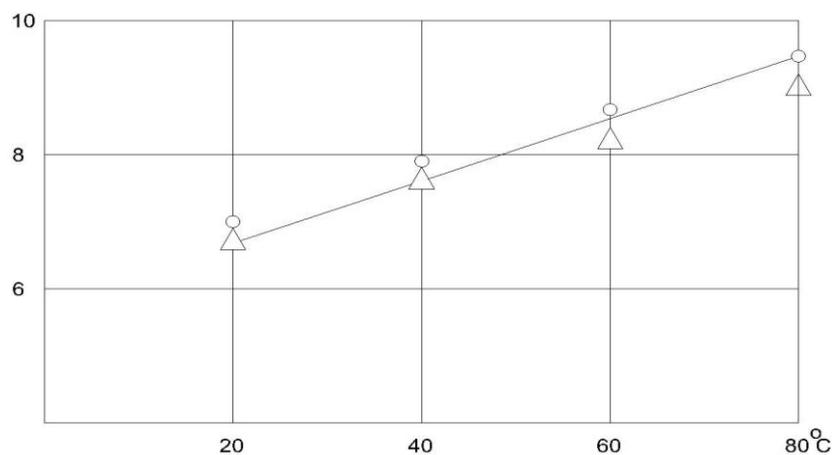


Рис. 3.15 Коэффициент температурного расширения бетона в зависимости от температуры.

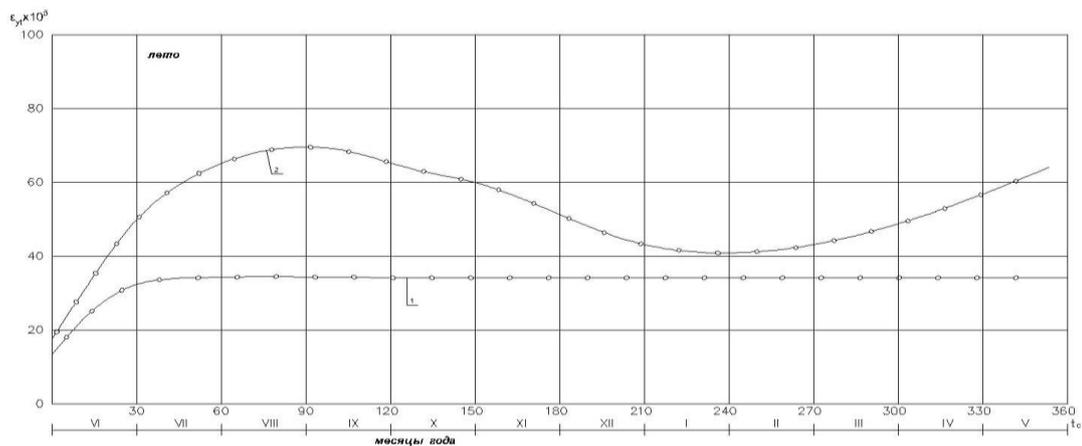


Рис. 3.16 Развитие во время деформаций усадки бетона в условиях сухого жаркого климата.

1-для образцов хранившихся в постоянных температурно-влажностных условиях;

2-для образцов хранившихся под влиянием солнечной радиации.

Затем прослеживается некоторое приостановление и уменьшение (набухание), в зимнее время года, вызванное большей относительной влажностью и низкой температурой воздуха. Влажность бетона при этом несколько повышается, однако остается по величине меньшей, чем начальная. С началом повышения температуры и понижения влажности воздуха снова наблюдается удаление влаги из бетона.

Анализ результатов определения усадочных деформаций бетона во времени выявил, что существенное влияние на усадку бетона оказывает интенсивность влагопотерь. Чем интенсивнее происходит удаление влаги из бетона (в возрасте до 4-месяцев), тем больше усадка. Усадка бетона в возрасте 3-4 месяца находящегося под влиянием солнечной радиации почти в 1,8 раза больше чем в цеху. Затем наступает период некоторой стабильности роста деформаций и их уменьшение (в зимний период). На рис. 3.18 показаны измерения средне месячных относительной влажности и температуры наружного воздуха в течение всего периода испытаний. Обращает на себя внимание значительный размах сезонного изменения этих параметров (соответственно от 30 до 85 % и от 3 до +35 С). В указанном смысле условия испытания были чрезвычайно жесткими.

С наступлением весны наблюдается дальнейшее накопление деформаций. Максимальная деформация усадки бетона находящегося под влиянием солнечной радиации была равна $68.10 \cdot 10^{-5}$.

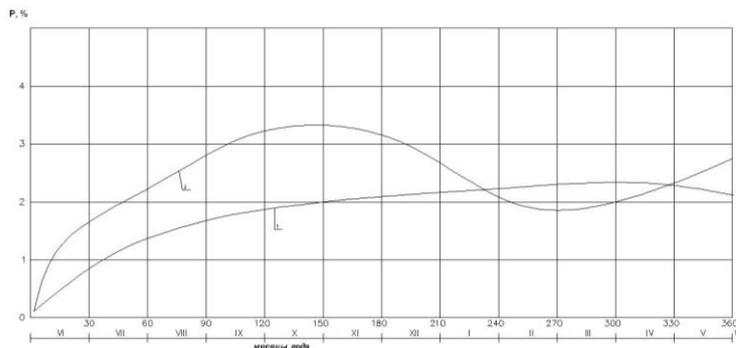


Рис. 3.17 Изменение величины влагопотерь во времени в условиях сухого жаркого климата.

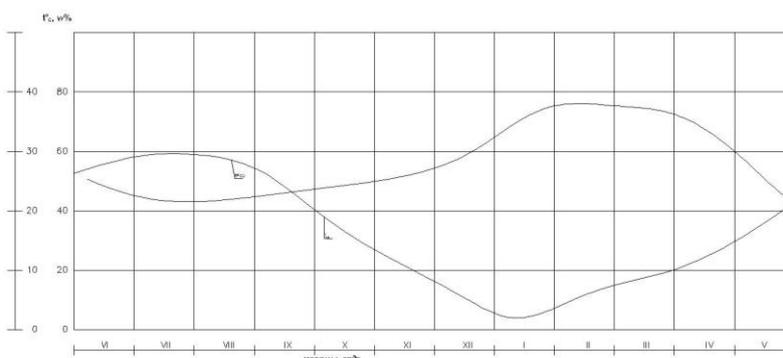


Рис. 3.18 Изменение среднемесячных влажности и температуры воздуха в период испытания в условиях сухого жаркого климата.

Таким образом, кривые усадочных деформаций бетона в природных условиях сухого жаркого климата имеют периодический характер.

Деформация ползучести. На рис. 3.19 представлены кривые деформации ползучести (меры ползучести) при загрузении бетонов, твердевших в условиях сухого жаркого климата под влиянием солнечной радиации и в цеху защищенные от воздействия солнечной радиации. Кривые ползучести бетона в природных условиях сухого жаркого климата твердевшего под влиянием солнечной радиации отличаются от аналогичных кривых для образцов твердевших в нормальных условиях лаборатории, выраженным ступенчатым характером. При этом существенное нарастание деформаций ползучести бетона в условиях сухого

жаркого климата происходит только в теплое время и стабилизируется в холодный период. Для получения числовых параметров длительных деформаций результаты их измерения представленные на рис. 3.16 и 3.19 были обработаны

Полученные данные представлены в табл. 3. 5.

Таблица 3. 5

Условия твердения	Числовые значения длительных деформаций усадки : ползучести			
	α_s сутки	$\epsilon_s \times 10^6$	α_p сутки	$C \times 10^5$ МПа ⁻¹
В цеху, защищенные от воздействия солнечной радиации / t = 25... 35 С /w/= 65. ..70%/	71	356	49	96
Под влиянием солнечной радиации /лето/	45	532	34	145

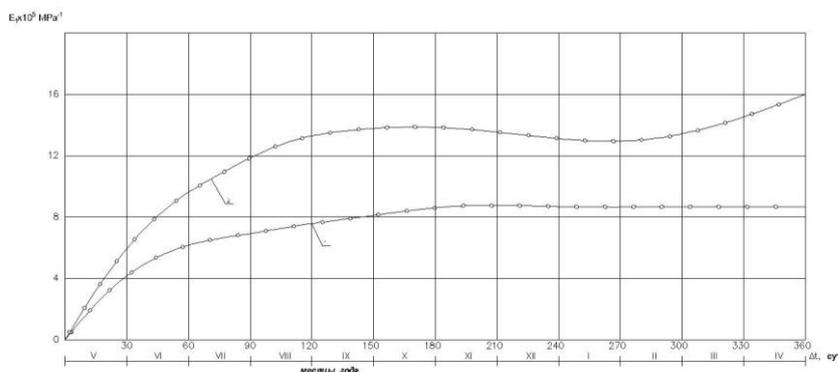


Рис. 3.19 Развитие во времени деформаций ползучести бетона в условиях сухого жаркого климата.

- 1-в цеху постоянных температурно-влажностных условиях;
- 2- под влиянием солнечной радиацией.

Рассмотрение и анализ данных табл. 3. 5 позволяют сделать некоторые выводы по длительным деформациям усадки и ползучести в условиях сухого жаркого климата:

- Предельные значения деформаций усадки и ползучести бетона под

воздействием солнечной радиации летнего изготовления (загружения) в среднем 1,4 и 1,5 раза соответственно превосходят аналогичные величины деформаций, полученные в тени в цеху, защищенные от воздействия солнечной радиации;

– Скорость нарастания деформаций усадки и ползучести бетона летнего изготовления (загружения) в среднем 1,55 и 1,45 раза превосходят аналогичные показатели деформаций в тени в цеху, защищенные от воздействия солнечной радиации;

-различие в величинах предельных деформаций усадки и ползучести, а также скорости их роста во времени обусловлено разницей относительных влажностей условий испытаний и действием солнечной радиации в природных условиях сухого жаркого климата.

3.4. Деформация растянутой арматуры и крайнего сжатого волокна бетона.

Появление трещин в колоннах вызывает увеличение средних относительных деформаций растянутой арматуры и крайнего сжатого волокна бетона.

До момента образования трещин рост деформаций растянутой арматуры и бетона сжатой зоны примерно одинаков. По мере дальнейшего роста нагрузки и, особенно появления трещин в растянутой зоне, интенсивность увеличения деформаций растянутой арматуры, а также сжатого бетона возрастает.

В колоннах при $\frac{e_0}{h_0}=0.27$ и действии кратковременной нагрузки $0,5 N_p$ деформации растянутой арматуры в цеху $-15,4 \cdot 10^{-5}$ (рис. 3.20). при солнечной радиации: на растянутую зону- $26,7 \cdot 10^{-5}$, на сжатую зону $25,1 \cdot 10^{-5}$, на боковую поверхность $-25,5 \cdot 10^{-5}$ и это в среднем 1,4-1,6 раза больше деформации арматуры находящихся в тени в цеху.

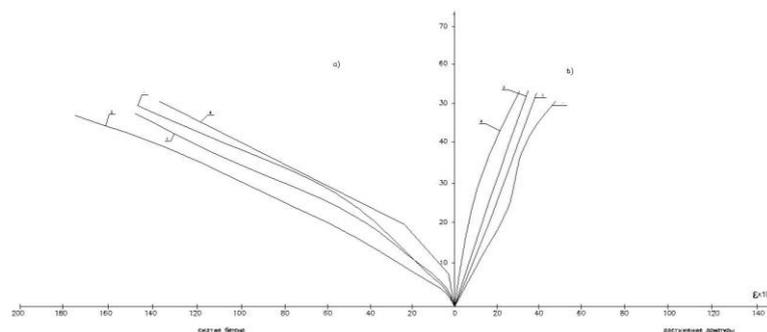


Рис.3.20 Средние относительные деформации сжатого волокна бетона (а) и растянутой арматуры (б) от кратковременной нагрузки в условиях сухого жаркого климата.

- 1-После действия солнечной радиации на растянутую зону;
- 2- После действия солнечной радиации на сжатую зону;
- 3- После действия солнечной радиации на боковую поверхность;
- 4-После нахождения в тени в цеху.

Деформация сжатого волокна бетона в цеху составила $-65 \cdot 10^{-5}$, при солнечной радиации: на растянутую зону - $76 \cdot 10^{-5}$, на сжатую зону - $110 \cdot 10^{-5}$ на боковую поверхность – $91 \cdot 10^{-5}$, что в среднем 1,5 - 1,6 раза больше деформации сжатого бетона, находящегося в тени в цеху.

Деформация растянутой арматуры колонны, которые в течение года находились в условиях сухого жаркого климата под длительной нагрузкой $0,8 N_{крс}$ составили при действии солнечной радиации на растянутую зону - $10,5 \cdot 10^{-5}$, на сжатую зону - $4,9 \cdot 10^{-5}$.

После действия солнечной радиации на растянутую зону в течение одного года в условиях сухого жаркого климата под длительной нагрузкой $0,2 N_{крс}$ деформация крайнего сжатого волокна составила $-148,5 \cdot 10^{-5}$ при действии солнечной радиации на сжатую зону $-84,5 \cdot 10^{-5}$ (рис. 3.21).

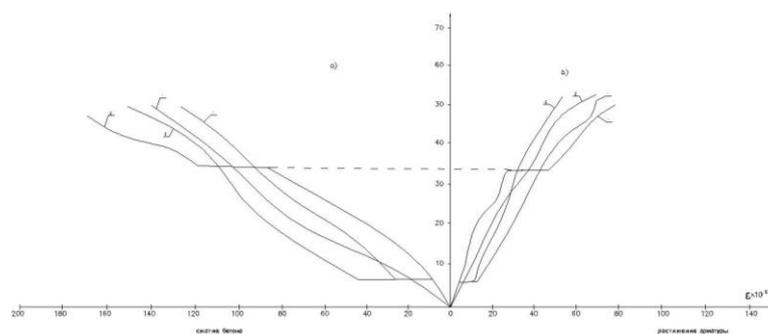


Рис. 3.21 Средние относительные деформации сжатого волокна бетона (а) и растянутой арматуры (б) от кратковременной нагрузки в условиях сухого жаркого климата.

1-После действия солнечной радиации на растянутую зону;

2- После действия солнечной радиации на сжатую зону;

Деформация растянутой арматуры при уровне нагрузки $0,5 N_p$ в условиях сухого жаркого климата при действа при действии солнечной радиации на растянутую зону - $12,5 \cdot 10^{-5}$, на сжатую зону $8,4 \cdot 10^{-5}$.

Условия сухого жаркого климата увеличивают относительную деформацию арматуры. В колоннах, находящихся под влиянием солнечной радиации в течение одного года деформация арматуры были больше на 13-14 %, чем в колоннах, находившихся в цеху.

Повышенная температура и низкая относительная влажность воздуха сухого жаркого климата также увеличивает деформации крайнего волокна сжатой зоны бетона.

При нахождении колонн 1 год в цеху относительная деформация крайнего сжатого волокна составляла $\epsilon_{bc} = 65 \cdot 10^{-5}$. Относительные деформации крайнего сжатого волокна бетона в колоннах находившихся под влиянием солнечной радиации 1 год (при $0,5 N_p$) увеличивалась на 35-60 % по сравнению с деформациями бетона при кратковременной нагрузке в возрасте 40 дней.

В колоннах при $\frac{e_0}{h_0} = 0,54$ и действии кратковременной нагрузки $0,5N_p$ деформации растянутой арматуры в цеху - $28,5 \cdot 10^{-5}$ (рис.3.22). при солнечной радиации; на растянутую зону - $48,5 \cdot 10^{-5}$, на сжатую зону $41,8 \cdot 10^{-5}$.

Деформации сжатого волокна бетона в цеху составляла - $85 \cdot 10^{-5}$, при солнечной радиации, на растянутую зону - $119 \cdot 10^{-5}$, на сжатую зону $136 \cdot 10^{-5}$.

Деформация растянутой арматуры колонны, которые в течение года находились в условиях сухого жаркого климата под длительной нагрузкой $0,8N_{crс}$ составили при действии солнечной радиации на растянутую зону - $64,5 \cdot 10^{-5}$, на сжатую зону - $55 \cdot 10^{-5}$. (рис. 3.23).

После действия солнечной радиации на растянутую зону в течении одного года в условиях сухого жаркого климата под длительной нагрузкой $0,8N_{crс}$ деформация крайнего сжатого волокна составила $237 \cdot 10^{-5}$ при действии солнечной радиации на сжатую зону- $110 \cdot 10^{-5}$. (рис. 3. 24).

При нахождении колонн в цеху относительная деформация крайнего сжатого волокна бетона составляла $-85 \cdot 10^{-5}$.

Деформации растянутой арматуры при уровне нагрузки $0,5 N_p$ и $\frac{e_0}{h_0}=0,54$, в условиях сухого жаркого климата при действии и солнечной радиации на растянутую зону - $16,5 \cdot 10^{-5}$, на сжатую зону - $13 \cdot 10^{-5}$.

На рис. 3. 24 показана зависимость относительных деформаций сжатого бетона и растянутой арматуры от эксцентриситета нагрузки. Из рисунка 3. 24 видно, что в условиях сухого жаркого климата с увеличением эксцентриситета деформативность бетона и арматуры повышается. С изменением эксцентриситета в сторону центрального сжатия бетона и арматуры уменьшается.

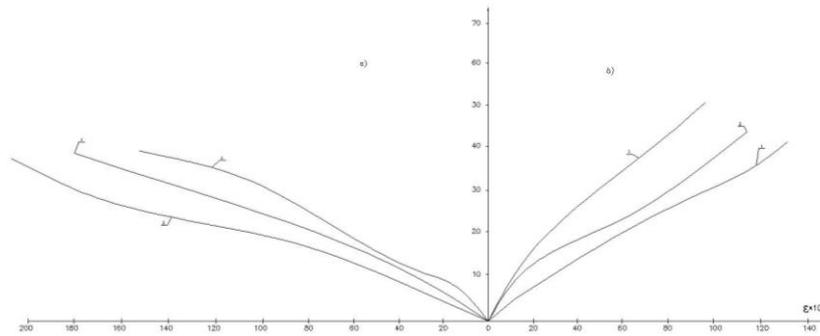


Рис. 3.22 Средние относительные деформации сжатого волокна бетона (а) и растянутой арматуры (б) от кратковременной нагрузки в условиях сухого жаркого климата.

- 1-После действия солнечной радиации на растянутую зону;
- 2- После действия солнечной радиации на сжатую зону;
- 3-После нахождения в тени в цеху.

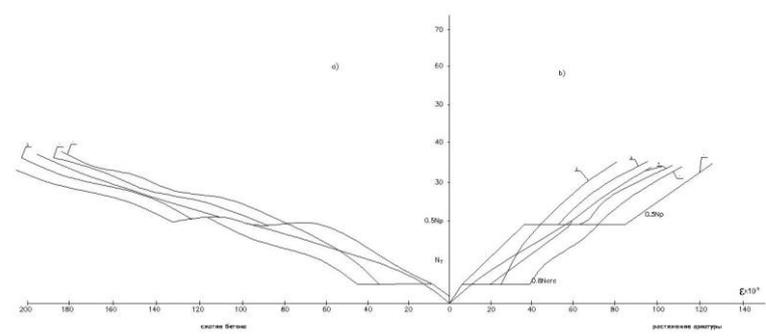


Рис. 3.23 Средние относительные деформации сжатого волокна бетона (а) и деформации растянутой арматуры (б) находящихся длительное время под нагрузкой $0,5 N_p$ и $0,8 N_{счс}$ в условиях сухого жаркого климата.

- 1-После действия солнечной радиации на растянутую зону;
- 2- После действия солнечной радиации на сжатую зону;
- 3- После действия солнечной радиации на боковую поверхность;

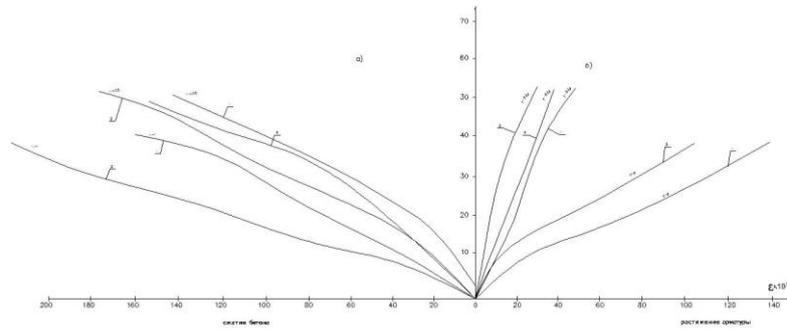


Рис.3.24 Зависимость относительных деформаций крайнего сжатого волокна бетона (а) и растянутой арматуры (б) от эксцентриситета нагрузки в условиях сухого жаркого климата.

- 1-солнечная радиация растянутую зону;
- 2- солнечная радиация сжатую зону;
- 3- солнечная радиация боковую поверхность;

Увеличение деформации арматуры и бетона от длительного нагружения в условиях сухого жаркого климата происходит из-за изменения упруго-пластических свойств бетона. Теоретические деформации растянутой арматуры и сжатого крайнего волокна бетона с учетом изменения прочностных и деформативных свойств бетона определяются следующим образом. Средние деформации растянутой арматуры при внецентренном сжатии вычислялись по формуле:

$$\varepsilon = \frac{N \cdot e_s}{E_s \cdot A \cdot h_0 \cdot Z} - \frac{N}{h_0} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A_s} \quad (3.6)$$

где ψ_s - коэффициент, учитывающий работу растянутого бетона на участке с трещинами определяемыми по формуле:

$$\psi_s = 1.25 - \varphi_{es} \cdot \varphi_m - \frac{1 - \varphi_m}{1.25 + 0.5 \cdot \varphi_{es}} \quad (3.7)$$

Коэффициент φ_{es} учитывающий влияние длительности действия нагрузки и температуры принимался; при кратковременном действии нагрузки - 1,1 , при длительном действии и нагрузки -0,8 согласно СНиП 2. 03. 01.-96.

Коэффициент φ_m - определяется по формуле;

$$\varphi_m = \frac{(k_{bt,ser} \cdot \gamma_{tt} - \sigma_{cs}) \cdot W_{pl}}{\dots} \quad (3.8)$$

где σ_{cs} - напряжение в бетоне на уровне растянутой арматуры от деформации усадки равны:

$$\sigma_{cs} = [\varepsilon_{cs} - \varepsilon_{cs1} - \left(\frac{1}{r}\right)_{cs} (a - y)] \cdot E_b \cdot \beta_b \cdot \bar{v} \quad (3.9)$$

Значение относительной высоты сжатой зоны бетона – в сечении с трещинами определится по формуле

$$\xi = \frac{1}{1 + 5(\delta + \lambda)} + \frac{1.5 + \varphi_t}{\dots} \quad (3.10)$$

но принимается не более 1;

$$\delta = \frac{l_0}{h} \quad (3.11)$$

но не менее

$$0.5 - 0.001 \frac{l_0}{h} - 0.01 \gamma_{bt} \cdot R_b \quad (3.12)$$

λ – гибкость элемента

где: i - радиус инерции сечения в плоскости изгиба.

При неравномерном нагреве по высоте сечения определяется: в направлении перепада температур – как для приведенного сечения по формуле:

$$i = \sqrt{\frac{J_{red}}{A_{red}}} \quad (3.13)$$

В направлении, перпендикулярным перепаду температур по формуле:

$$i = \sqrt{\frac{J}{A}} \quad (3.14)$$

Гибкость элемента для прямоугольного сечения определяется по формуле:

$$\lambda = \frac{3.46 \cdot l_0}{h} \quad (3.15)$$

Средние деформации крайнего волокна бетона сжатой зоны определяются по формуле:

$$\varepsilon_b = \frac{N \cdot e \psi_b}{(m + \varepsilon) b \cdot h \cdot E_s \cdot R_{st}} - \frac{N}{b} \cdot \frac{\psi_s}{E_s \cdot A} \quad (3.16)$$

Где ψ_b - коэффициент, учитывающий неравномерность распределения деформаций крайнего сжатого волокна бетона по длине участка с трещинами принимаемый для тяжелого бетона равным - 0,9.

Z- расстояние от центра тяжести площади сечения арматуры до точки приложения равнодействующих усилий в сжатой зоне сечения над трещиной (плечо внутренней пары сил) определяемое по формуле

$$Z = h_0 \cdot \left[1 - \frac{h_0 \varphi_t}{2(m + \varepsilon)} \right] \quad (3.17)$$

Для внецентренно сжатых элементов величина z должна приниматься не более $0,97 e_s$.

Теоретические деформации растянутой арматуры и крайнего сжатого волокна бетона определенные по формуле (3. б) и (3.1б) с учетом рекомендаций СНиП 2.-03.01-96 были меньше опытных (рис. 3. 25-3. 28).

Теоретические значения деформации растянутой арматуры и крайнего сжатого волокна бетона, определенные по формуле (3.6) и (3.16) с учетом влияния жаркого климата $R_b \cdot \gamma_{bt}, R_{bt,ser} \cdot \gamma_{tt} \cdot E_b \cdot \beta_b$ имеют удовлетворительную сходимость с опытными значениями деформаций (рис. 3. 25-3,28).

3.5 Образование трещин и ширина их раскрытия в колоннах.

Для установления момента образования трещин были испытаны колонны коротковременно-действующей нагрузкой. Опытные значения момента образования трещин приведены в табл. 3. 6 При постоянном температурно-влажностном режиме в цеху трещины появились при

$N_{сч}^{оп}$ кН, что составляет $0,17 N_p$.

Момент образования трещин в колоннах находившихся под влиянием солнечной радиации в течение 40 дней при коротковременном загрузении был на 17% меньше, чем в колоннах находившихся в тени в цеху. В колоннах

при кратковременном нагружении до уровня $0,8 N_{сч}$ трещины не появились. Под действием длительной нагрузки уровня $0,8 N_{сч}$, первые трещины появились после 8 месяцев от начала нагружения с наступлением летнего сезона при $N_{сч}^{оп} = 55,6 - 68,5$ кн.

В незагруженных колоннах, находящихся под влиянием солнечной радиации и в цеху трещины не появились. При кратковременном их нагружении, после длительного нахождения в условиях сухого, жаркого климата под влиянием солнечной радиации, трещины образовались в зависимости от эксцентриситета в колоннах при $54,1 - 71,7$ кн.

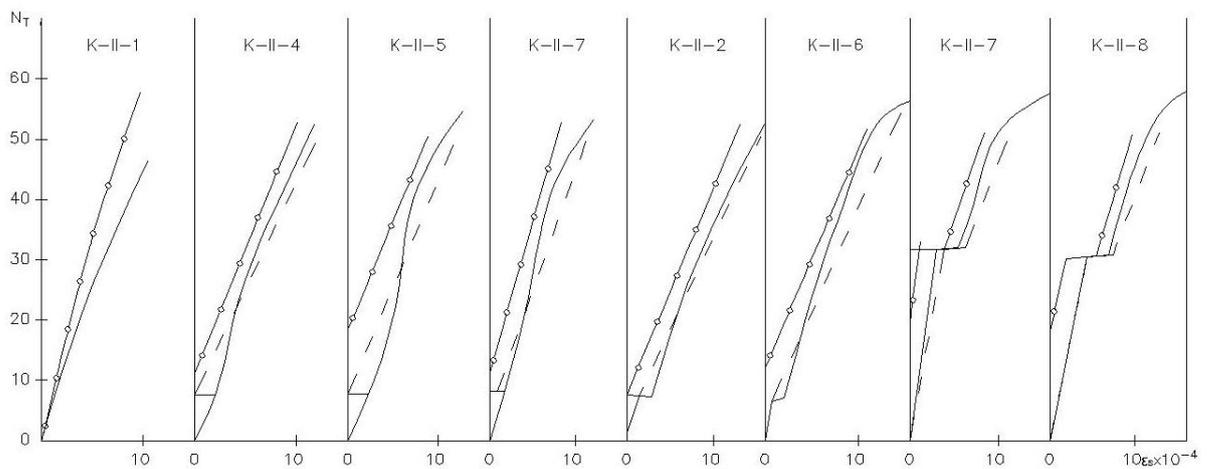


Рис.3.25 Относительные деформации арматуры в условиях сухого жаркого климата при эксцентриситете нагрузки $e=0,5$ у

- - опытная.
- - теоретическая по формуле (3.6).
- - то же с учетом рекомендаций...НИИЖБ.

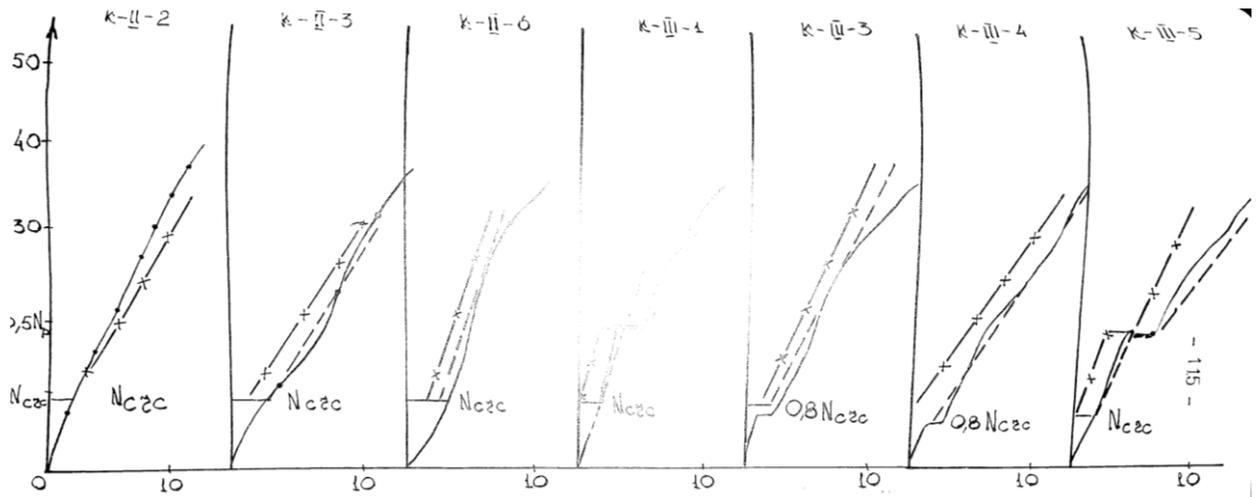


Рис.3.26. Средние относительные деформации арматуры в условиях сухого жаркого климата при эксцентриситете нагрузки $e=y$

- - опытная.
- - теоретическая по формуле (3.6).
- - то же с учетом рекомендаций...НИИЖБ.

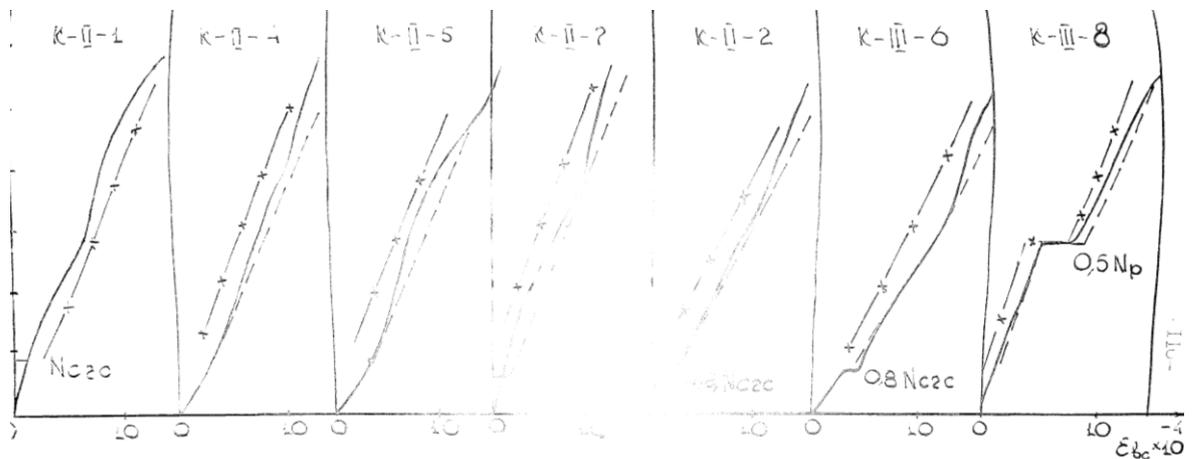


Рис.3.27. Средние относительные деформации крайнего волокна сжатой зоны бетона в условиях сухого жаркого климата при эксцентриситете нагрузки $e=0,5 y$

- - опытная.
- - теоретическая по формуле (3.6).
- - то же с учетом рекомендаций...НИИЖБ.



Рис.3.28. Средние относительные деформации крайнего волокна сжатой зоны бетона в условиях сухого жаркого климата при эксцентриситете нагрузки $e=0,5 y$

- - опытная.
- - теоретическая по формуле (3.6).
- - то же с учетом рекомендаций...НИИЖБ.

В колоннах расположенных с растянутой зоной по направлению прямой солнечной радиации момент образования трещин были меньше, чем в других колоннах расположенных сжатой и боковой поверхностью к прямой солнечной радиации, Для колонн находящихся под влиянием солнечной радиации в течение года и нагруженных длительной нагрузкой $0,8 N_{crc}$ момент появления трещин был меньше, чем в колоннах при кратковременном нагружении в возрасте. 40 дней. Теоретические значения момента образования трещин, вычисленные по СНиП 2. 03. 01-84 с учетом сухого жаркого климата были сравнены с опытными значениями $N_{crc}^{оп}$ (см. табл. 3. 6).

Теоретический момент образования трещин в климатических условиях жаркого климата по СНиП 2. 03. 01-96 определялся по формуле

$$N_{crc}^T \cdot (e_0 - Z) = M_{crc}^{T_1} = R_{bt,ser} \cdot W_{pl} \quad (3.18)$$

$R_{bt,ser}$ - сопротивление растяжению принимаемое по опытным данным

W_{pl} - упругопластический момент сопротивления железобетонного сечения по растянутой зоне в предположении, что продольная сила отсутствует и определяемый по формуле (1. 43)

Теоретические и опытные моменты образования трещин в колоннах находящихся в условиях сухого жаркого климата

Таблица 3.6

Условные обозначения	Условия хранения	Эксцентриситет прил. Нагрузки см	Направления солнечной радиации	Вид и уровень загрузки	Опытн. Оп $N_{счс}$	Теоритический		$\frac{N_{счс}^{оп}}{N_{счс}^{T_1}}$	$\frac{N_{счс}^{оп}}{N_{счс}^{T_2}}$
						по СниП 2.03.01-84	по рек с уч. Жарк. Клим.		
К-2-1	В тени, в цеху на открыт.воздухе	7,5	Растян. Зону	Б/нагр + кр. Вр. До разр.	64,7	76,8		0,86	
К-2-3		15,0	Растян. Зону	Б/нагр + кр. Вр. До разр.	65,3	96,0	74,4	0,68	0,93
К-2-5		7,5	Сжатую зону	Б/нагр + кр. Вр. До разр.	52,9	76,8	56,0	0,68	0,94
К-2-6		15,0	Сжатую зону	Б/нагр + кр. Вр. До разр.	69,4	96,5	71,2	0,71	0,97
К-2-7		7,5	Растян. Зону	Б/нагр + кр. Вр. До разр.	53,6	76,4	55,7	0,70	0,96
К-2-8		7,5	боков поверх.	Б/нагр + кр. Вр. До разр.	53,1	76,0	55,5	0,69	0,97
К-3-1		15,0	Сжатую зону	0,5 N_p +кр. Врем.до разр.	71,7	95,7	69,86	0,74	1,02
К-3-2		7,5	Сжатую зону	0,8 $N_{счс}$ +кр. Врем.до разр.	56,1	75,4	55,2	0,79	1,01
К-3-3		15,0	боков поверх.	0,8 $N_{счс}$ +кр. Врем.до разр.	68,5	94,0	68,2	0,75	1,00
К-3-4		15,0	Растян. Зону	0,8 $N_{счс}$ +кр. Врем.до разр.	67,7	94,0	68,6	0,73	0,98
К-3-5		15,0	Растян. Зону	0,5 N_p +кр. Врем.до разр.	70,1	96,0	70,1	0,73	1,00
К-3-6		7,5	Растян. Зону	0,8 $N_{счс}$ +кр. Врем.до разр.	55,6	75,2	54,9	0,74	1,01
К-3-7		7,5	Растян. Зону	0,5 N_p +кр. Врем.до разр.	54,6	75,5	55,3	0,72	0,98
К-3-8		7,5	Сжатую зону	0,5 N_p +кр. Врем.до разр.	54,1	75,4	55,0	0,71	0,98

Согласно "Рекомендациям ...НИИЖБ " железобетонные элементы, подвергаемые воздействию сухого жаркого климата рассчитываются на усилия, воспринимаемые сечениями, исходя из следующих положений:

наибольшее относительное удлинение крайнего растянутого волокна бетона равно

$$\frac{2 \cdot R_{bt,ser} \cdot \gamma_{tt}}{E_b \cdot \beta_b}$$

Значения коэффициентов $\gamma_{tt} \cdot \beta_b$ принимаются по таблице 1.9 в зависимости от влажности воздуха наиболее жаркого месяца: напряжения в бетоне сжатой зоны определяются с учетом упругих и неупругих деформаций нагретого бетона. Расчет железобетонного элемента по образованию трещин, нормальных к его продольной оси, от одновременного воздействия нагрузки, температуры и усадки бетона в условиях жаркого климата производят по СНиП 2.03,01-96. принимаемые усилия M_{crc} равным

$$N_{crc}^{T_2} \cdot (e_0 - Z) = M_{crc}^{T_2} \leq (R_{bt,ser} \cdot \gamma_{tt} - \sigma_{cs}) \cdot W_{pl} \quad (3.19)$$

σ_{cs} - напряжения от усадки бетона на уровне растянутой арматуры, определяемое по формуле (3. 9).

Теоретические усилия трещин ($N_{crc}^{t_1}$) вычисленные по СНиП 2.03.01-96 согласно формулы (3.18) оказались выше опытных (см. табл. 3. 6). Теоретические значения усилия трещинообразования в условиях сухого жаркого климата ($N_{crc}^{t_2}$) вычисленные по формуле (3.19) при фактических значениях $R_{bt,ser}$ и E_b с учетом коэффициентов, γ_{tt} и β_b с учетом напряжения от усадки бетона δ_{cs} , имели хорошую сходимость с опытными значениями.

Ширина раскрытия трещин железобетонных колонн при уровне нагружения $0,5N_p$ в условиях сухого жаркого климата

Таблица 3.7

Условные обозначения	Условия хранения	Вид сооружений	Направления солнечной радиации	$\alpha_{счс}^{T_1}$ мм. СНиП 2.03.01-96	$\alpha_{счс}^{T_2}$ мм. по рекоменд НИИЖБ	$\alpha_{счс}^{оп}$ опытная мм.	$\frac{\alpha_{счс}^{оп}}{\alpha_{счс}^{T_1}}$	$\frac{\alpha_{счс}^{оп}}{\alpha_{счс}^{T_2}}$
К-2-1	В тени, в цеху	Без нагрузки + кр. Вр.		0,11	0,14	0,13	1,27	0,10
К-2-2				0,11	0,15	0,14	1,27	0,94
К-2-3	Растян. Зону		0,12	0,16	0,17	1,40	1,05	
К-2-4	Сжатую зону		0,11	0,15	0,15	1,36	1,00	
К-2-5	Сжатую зону		0,11	0,14	0,14	1,27	1,00	
К-2-6	Сжатую зону		0,12	0,16	0,16	1,30	1,00	
К-2-7	Растян. Зону		0,11	0,15	0,15	1,40	0,95	
К-2-8	боков поверх.		0,11	0,15	0,15	1,36	1,00	
К-3-1	На открыт. Воздухе под дейст. Солн.рад	Кр. Вр. +0,5 N_p длит.	Сжатую зону	0,18	0,21	0,21	1,18	1,00
К-3-5			Растян. Зону	0,18	0,21	0,22	1,33	1,05
К-3-7				0,17	0,20	0,21	1,32	1,06
К-3-8			Сжатую зону	0,17	0,20	0,20	1,18	1,00

При определении теоретических значений момента образования трещин в условиях сухого жаркого климата, кроме учета изменения прочности на растяжение и модуля упругости, необходимо также учитывать усадочные напряжения. При этом учете сходимость теоретических моментов образования трещин, вычисленных по формуле (3.19) с опытными значениями улучшается. Средние значения раскрытия трещин при $0,5 N_p$, получали путем замера ширины трещин (табл. 3.7). Средняя ширина раскрытия трещин отличалась от максимальной в 1,3-1,5 раза. Теоретические значения ширины трещин вычислялись без учета влияния сухого жаркого климата по СНиП 2. 03. 01-96.

$$a_{crc} = \delta \cdot \varphi_e \cdot \eta \cdot \frac{\sigma_s}{\sigma} 20(3.5 - 100\mu)^{\frac{2}{3}} \sqrt{d} \quad (3.20.)$$

и с учетом влияния сухого жаркого климата по формуле "Рекомендации . . . НИИЖБ" /146/.

$$a_{crc} = \delta \cdot \eta \cdot 20(3.5 - 100\mu)^{\frac{2}{3}} \sqrt{d} (\varphi_e \frac{\sigma_s}{\sigma} + \varepsilon_{sp} + \varepsilon_{cs1} \pm \varepsilon_w) \quad (3.21.)$$

где δ – для внецентренно сжатых элементов – 1,0

φ_1 – принимают равным при учета кратковременных нагрузок и непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок (первая стадия работы) - 1. 0 , при учете продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок (вторая стадия работы) для конструкций из тяжелого бетона естественной влажности

$$\varphi_1 = 1,6 - 1,5\mu$$

Деформацию бетона определяют: α_{bt} - по таблице 1.7

ε_{sp} - по таблице 1.12 и ε_{cs1} - по таблице 1.6

ε_w - влажностная деформация набухания бетона.

Изменение средней по сечению температуры бетона в холодное и теплое время года определяют по формулам (1.22) (1.23) (1.24) Раскрытие трещин при кратковременном действии нагрузки $0,5 N_p$ наблюдалось в колоннах, которые

находились 40 дней в тени в цеху. В этих колоннах ширина раскрытия трещин составляет

$$\alpha_{crc}^{on} = 0,13 \text{ мм} \quad \alpha_{crc}^{on} = 0,14 \text{ мм} \text{ (табл.3.7)}$$

В колоннах, нагруженных длительно-действующей нагрузкой интенсивностью $0,8 N_{csc}$ трещин в начале нагружения не было, а после 8 месяцев, с наступлением летнего сезона, появились трещины.

$$\alpha_{crc}^{on} = 0,13 \text{ мм}$$

В колоннах, нагруженных длительно-действующей нагрузкой $0,5 N_p$ находившихся в условиях сухого жаркого климата, под влиянием солнечной радиации в летний период, ширина раскрытия трещин составляла в колоннах под действием солнечной радиации на сжатую зону с эксцентриситетом $e = y$ и $e = 0,5 y$ соответственно - 0,21 и 0,20 мм; и их растянутую зону соответственно 0,23 и 0,22 мм.

В незагруженных колоннах, находившихся 40-50 дней в условиях сухого жаркого климата под влиянием солнечной радиации в летний период, а затем испытанных кратковременной нагрузкой, ширина раскрытия трещин при уровне $0,5 N_p$ составляла: при действии солнечной радиации на сжатую зону с эксцентриситетом $e = y$ и $e = 0,5 y$, соответственно 0,16 и 0,15 мм и на растянутую зону с эксцентриситетом соответственно 0,17 и 0,15 мм. и на боковую поверхность при эксцентриситете $e = 0,5 y$ $\alpha_{crc}^{on} = 0,15 \text{ мм}$ (на рис.3. 29).

В кратковременных нагруженных колоннах не подверженных влиянию солнечной радиации в условиях сухого жаркого климата, теоретические значения α_{crc}^{T1} определенные по формуле (3.20) при сравнении с опытными значениями, имеют разброс не более 27 %. Для других колонн находящихся в условиях сухого жаркого климата под влиянием солнечной радиации теоретические значения меньше опытных до 40 %. Ширина раскрытия трещин в колоннах при направлении солнечной радиации на растянутую зону была больше, чем в колоннах при направлении солнечной радиации на сжатую зону. Теоретические раскрытия трещин меньше опытных значений потому что формула (3.20) СНиП

2.03.01-96 не учитывает условия сухого жаркого климата и влияние солнечной радиации на ширину раскрытия трещин. Теоретические значения $\alpha_{срс}^{T2}$ для колонн от нагрузки в условиях сухого жаркого климата вычисленью по формуле (3.21) рекомендации НИИЖБ с учетом влияния температуры, влажности воздуха на ширину раскрытия трещин имели хорошую сходимость с опытными значениями. При длительном действии нагрузки ширина раскрытия трещин меняется с течением времени и в основном зависит от сезона года. При уровне нагрузки $0,5 N_p$ в зимне-весенний период трещины раскрываются до 0,03-0,08 мм и в летне-осенний период до 0,10-0,18 мм.

Это связано с увеличением усадочных деформаций бетона в условиях сухого жаркого климата в летние 4 месяца и набуханием бетона в зимне-весенние месяцы. При эксплуатационной нагрузке максимальная ширина, раскрытия трещин составляла 0,20 мм и была меньше допускаемой величины по СНиП 2.03.01-34 для подобного вида элементов. Ширина раскрытия трещин в железобетонных элементах в условиях сухого жаркого климата больше зависит от сезона года и направления солнечной радиации. Наибольшая ширина раскрытия трещин в колоннах была в летний период. При расчете ширина раскрытия трещин железобетонных элементов, находящихся в условиях сухого жаркого климата по формуле СНиП 2.03.01-96 надо учесть деформацию усадки от воздействия температуры.

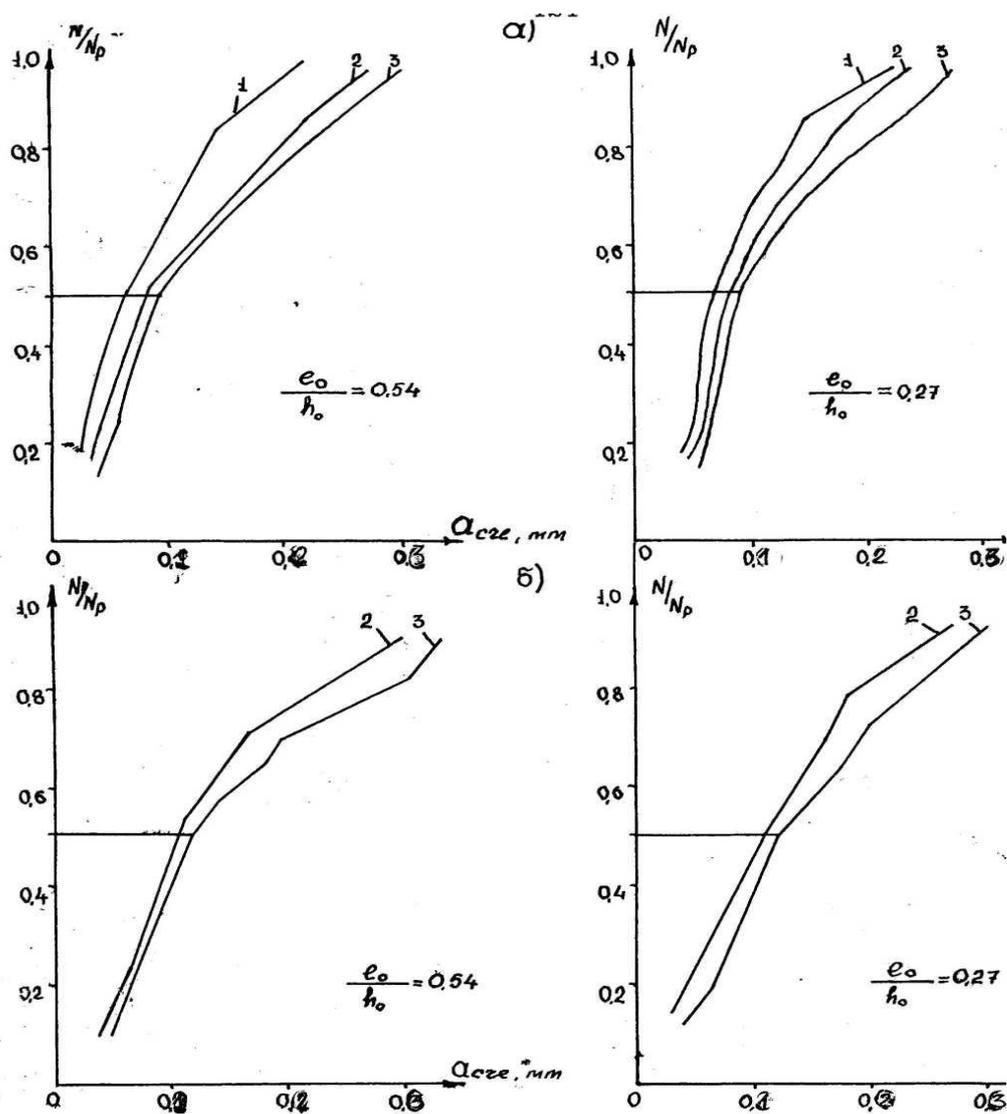


Рис. 3. 29. Средняя ширина раскрытия трещин от кратковременной /а/ и длительно-действующей нагрузки /б/ в условиях сухого жаркого климата.

- 1 - хранение в тени в цеху
- 2 - после воздействия солнечной радиации на сжатую зону
- 3 - после воздействия солнечной радиации на растянутую зону

3.6. Прочность внецентренно - сжатых колонн.

Для установления влияния сухого жаркого климата на прочность колонн они были испытаны кратковременной нагрузкой в возрасте 40 дней, после годового нахождения в условиях сухого жаркого климата. Теоретические разрушающие усилия согласно СНиП 2. 03. 01-96 определялись по формуле

$$N \cdot e \leq \gamma_{b7} R_b \cdot b \cdot x (h_0 - 0,5x) + R_{sc} \cdot A'_s (h_0 - \alpha')$$
 (3.22)

при этом высота сжатой зоны определяется из формулы

$$N + R_s \cdot A_s - R_{sc} \cdot A'_s = \gamma_{b7} R_b \cdot b \cdot x \quad (3.23)$$

где

$$\delta_s = \left(2 \cdot \frac{1 - \frac{x}{h_0}}{1 - \xi_R} - 1 \right) \cdot R_s \quad (3.23)$$

Теоретические разрушающие усилия вычисленные по формуле (3.22) при опытных значениях R_b с учетом коэффициента условий работы $\gamma_{b7} = 0,85$ согласно СНиП 2.03.01-96 были выше опытных. Теоретические разрушающие усилия вычисленные по формуле (3.22) при фактических значениях ($\sigma_{cs} = 422,0$ МПа и с учетом коэффициента условий работы γ_{b7} (по табл. 4 рекомендации. ..НИИЖБ) имели хорошую сходимость с опытными значениями (табл. 3. 8).

Испытания опытных образцов с различными эксцентриситетами продольной силы позволили определить влияние их на прочность колонн. Относительная прочность колонн с увеличением эксцентриситета снижается. Схема и характерный вид разрушения колонн показан на рис. 3.30, 3.31.

Для колонн после нахождения одного года в условиях сухого жаркого климата под воздействием солнечной радиации с нагрузкой $0,5 N_p$ и $0,8 N_{счс}$ и испытанных кратковременной нагрузкой теоретическая прочность была в среднем на 15 % ниже чем опытных значений.

Расчет прочности нормальных сечений железобетонных внецентренно-сжатых железобетонных элементов работающих в условиях сухого жаркого климата, рекомендуется производить с учетом коэффициента условий работы бетона полученных в опытах. Прочность колонн после годового хранения в условиях сухого жаркого климата под солнечной радиацией были ниже, чем у колонн находившихся без нагрузки под солнечной радиацией 40 дней в летний период. Прочность колонн после действия прямой солнечной радиации на растянутую зону были ниже на 12 % , чем у колонн находившихся под прямой солнечной радиацией со стороны сжатой зоны.

I

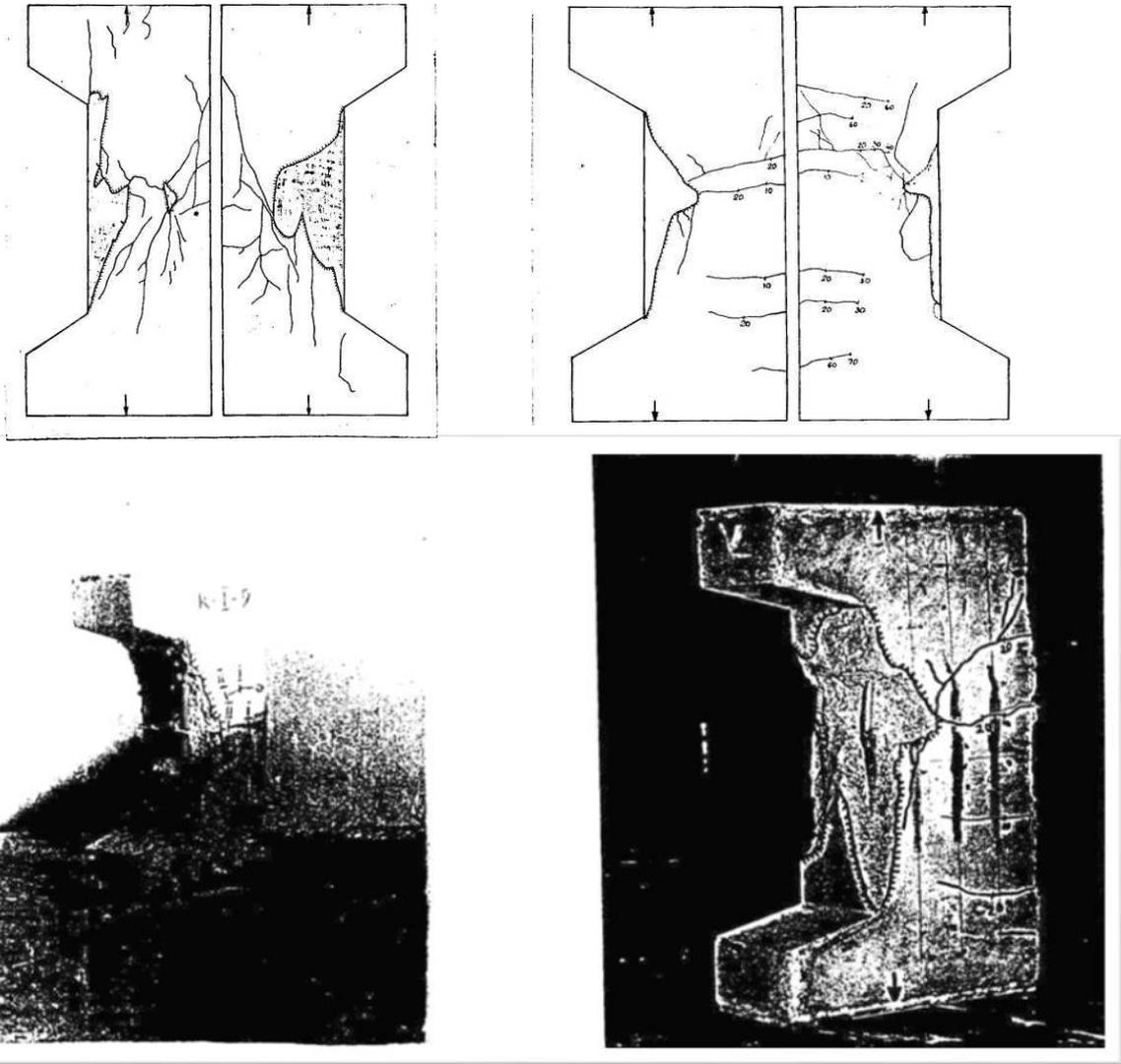


Рис. 3.31. Характерный вид разрушения колонн серии II, III

ВЫВОДЫ

1. Закономерность изменения температуры воздуха в условиях сухого жаркого климата за период наблюдений совпадает с закономерностью изменения среднемесячной температуры воздуха (КМК 2.01.01-94). СНиП 2.01.07-85. Температура воздуха в 15 часов была близка к расчетным значениям температуры воздуха по СНиП 2.01.01-94. Относительная влажность воздуха в 15 часов дня была меньше на 25% в летний период и больше на 15 % в зимний период по сравнению с среднемесячными значениями относительной влажности воздуха по СНиП 2.01.01-94.

Для практических расчетов можно принимать расчетное значение температуры и относительной влажности воздуха по СНиП 2.01.01-94.

В условиях сухого жаркого климата железобетонные элементы нагреваются неравномерно. Под влиянием колебания температуры воздуха и интенсивности солнечной радиации температурное поле конструкций непрерывно изменяется во времени и является не стационарным. Распределение температуры по сечению элемента в любой момент времени нелинейно. Для практических расчетов перепад температуры по высоте сечения элемента можно считать по линейному закону. Линейное распределение температуры принимают для наиболее жаркого и холодного месяца.

Температура на поверхности бетона подверженной воздействию прямой солнечной радиации превышала температуру воздуха на 10-12 °С в

то время, как температура бетона теневой стороны превышала температуру воздуха не более, чем на 6 °С.

Перепады температуры по высоте сечения колонн в летний период в 15 часов достигали 8⁰-11⁰ °С. Суточные перепады температуры летом днем и ночью составляли 18-20⁰ °С, зимой 8-10⁰ °С. Сезонные перепады температуры составляли днем 40⁰ °С и ночью 22⁰ °С.

Изменение температуры бетона следует за изменением температуры среды и носит синусоидальный характер. Наибольшая температура бетона в

железобетонном элементе наблюдается в летний период, а в течении суток - в период от 15 до 18 часов, а наименьшая температура наблюдается с 22 часов до 6 часов. Для железобетонных внецентренно сжатых элементов естественного твердения в условиях сухого жаркого климата температуры на поверхности бетона, обращенных к солнцу доходила до 48°C , а зимой до -4°C . С увеличением относительной влажности воздуха и снижения его температуры средняя влажность бетона по сечению элемента составляла в зимне-весенний период - 5%, а в летне-осенний период - 2,5%.

2. В условиях сухого жаркого климата от изменений температуры и влажности изменяются физико-механические и деформативные свойства бетона, которые должны учитываться в расчетах.

При расчете внецентренно-сжатых элементов из тяжелого бетона предназначенных для работы в условиях сухого жаркого климата Средней Азии, рекомендуется учитывать коэффициентами условия работы бетона: при сжатии, при расчете на первый нагрев $\gamma_{b7} = 0,75$ для незащищенных и $\gamma_{b7} = 0,85$ для защищенных, и при расчете на длительное попеременное нагревание и охлаждение $\gamma_{b7} = 0,70$ для незащищенных и $\gamma_{b7} = 0,80$ для защищенных от солнечной радиации конструкции. При растяжении: при расчете на первый нагрев $\gamma_{tt} = 0,70$ для не защищенных и $\gamma_{tt} = 0,80$ для защищенных от солнечной радиации, и при расчете на длительное попеременное нагревание и охлаждение $\gamma_{tt} = 0,65$ для незащищенных и $\gamma_{tt} = 0,75$ защищенных от солнечной радиации конструкции.

Снижение модуля упругости бетона учитывается коэффициентом β_b , который принимают для конструкций защищенных от солнечной радиации равным $\beta_7 = 0,70$ и защищенных $\beta_b = 0,80$ при расчете на первый нагрев и при расчете на попеременное нагревание и охлаждение $\beta_b = 0,65$ для не защищенных и $\beta_b = 0,75$ для защищенных от солнечной радиации конструкции.

Деформации усадки бетона в условиях сухого жаркого климата имеют ярко выраженный периодический характер в зависимости от сезонного колебания

температуры и влажности воздуха. Кривые деформации ползучести бетона имеют ступеньчатый характер и развиваются в основном в летний период года за счет воздействия температуры и низкой влажности среды. При определении момента образования трещин во внецентренно-сжатых железобетонных элементах, работающих в условиях сухого жаркого климата необходимо учитывать влияние температуры на прочность бетона при растяжении, модуль упругости и деформации усадки бетона которые способствуют раннему появлению трещин. При этом значения коэффициентов условий работы бетона γ_{b7} и γ_{tt} принимают в зависимости от воздействия солнечной радиации, массивности конструкции и влажности воздуха в наиболее теплое время. Ширина раскрытия трещин в железобетонных элементах в условиях сухого жаркого климата зависит от сезона года. Наибольшее раскрытие трещин наблюдается в летний период. Ширину раскрытия трещин железобетонных элементов в условиях сухого жаркого климата рекомендуется определять с учетом деформации усадки бетона.

Расчет прочности железобетонных внецентренно-сжатых элементов производят на действие продольной силы при этом учитывается влияние сухого жаркого климата на снижение призмочной прочности коэффициентом условий работы бетона.

4. ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ.

4.1. Рекомендации по расчету внецентренно-сжатых железобетонных элементов в условиях сухого жаркого климата.

Расчет внецентренно-сжатых железобетонных элементов, предназначенных для работы в условиях сухого жаркого климата Средней Азии следует производить с учетом следующих предложений:

1. Рекомендации предназначены для использования в проектировании железобетонных внецентренно-сжатых конструкций, эксплуатируемых в районах с сухим жарким климатом. Они после соответствующей опробации могут быть положены в основу указаний, регламентирующих методику расчета прочности,

образования и раскрытия трещин, деформаций железобетонных внецентренно-сжатых элементов с учетом температурных и влажностных воздействий сухого жаркого климата.

Практическое использование этих рекомендаций должно способствовать повышению эксплуатационной надежности железобетонных внецентренно-сжатых элементов, которая обеспечит в свою очередь увеличение их долговечности.

2. Расчет железобетонных внецентренно-сжатых элементов эксплуатирующихся в условиях сухого жаркого климата производится по действующей СНиП 2.03.01-96 и СНиП 2.03.04-96 с учетом положений данной рекомендации.

3. Расчет железобетонных внецентренно-сжатых элементов производится на все неблагоприятные сочетания температуры и влажности наружного воздуха сухого жаркого климата и нагрузки для двух основных расчетных стадий работы:

первая - нагревание до расчетной летней температуры наружного воздуха (теплое время года) от первого воздействия температуры жаркого климата.

вторая - длительное попеременное нагревание летом до расчетной летней температуры наружного воздуха и охлаждение зимой до расчетной зимней температуры наружного воздуха (холодное время года).

4. Расчет железобетонных внецентренно-сжатых элементов рекомендуется производить:

по предельным состояниям первой группы на длительное попеременное воздействие нагревания или охлаждения (вторая расчетная стадия работы) с учетом изменения прочности бетона от воздействия сухого жаркого климата;

по предельным состояниям второй группы на нагревание (первая расчетная стадия работы) и длительное попеременное нагревание и охлаждение (вторая расчетная стадия работы) учетом изменения физико-механических свойств и усадочно-температурных деформаций бетона от воздействия температуры и влажности наружного воздуха сухого жаркого климата.

5. Нормативное и расчетное сопротивление тяжелого бетона принимают по СНиП 2.03.01-96 в зависимости от класса бетона по прочности на сжатие. При этом расчетное сопротивление бетона сжатию и растяжению умножают на коэффициент условий работы бетона сжатию и растяжению γ_{tt} .

При расчете внецентренно-сжатых элементов из тяжелого бетона предназначенных для работы в условиях сухого жаркого климата, рекомендуется учитывать коэффициентами условия работы бетона:

при сжатии: при расчете на первый нагрев $\gamma_{b7}=0,75$ для незащищенных и $\gamma_{b7}=0,85$ для защищенных, и при расчете на длительное попеременное нагревание и охлаждение $\gamma_{b7}=0,70$ для незащищенных и $\gamma_{b7}=0,80$ для защищенных от солнечной радиации конструкций.

при растяжении: при расчете на первый нагрев $\gamma_{tt}=0,70$ для незащищенных и $\gamma_{tt}=0,80$ для защищенных от солнечной радиации, и при расчете на длительное попеременное нагревание и охлаждение $\gamma_{tt}=0,65$ незащищенных и $\gamma_{tt}=0,75$ для защищенных от солнечной радиации конструкций.

Снижение модуля упругости бетона учитывается коэффициентом β_b , который принимают для конструкций не защищенных от солнечной радиации равным $\beta_b=0,70$ и защищенных $\beta_b=0,80$ при расчете на первый нагрев и при расчете на попеременное нагревание и охлаждение $\beta_b=0,65$ для незащищенных и $\beta_b=0,75$ для защищенных от солнечной радиации конструкций.

6. Предельная деформация усадки бетона для сухого жаркого климата может назначаться средним на 45 % больше, чем при нормальном режиме. Скорость нарастания деформаций усадки бетона летнего изготовления в среднем превосходят на 50 %, чем при нормальном режиме.

7. Значение коэффициента линейного температурного расширения бетона для условий сухого жаркого климата при средней плотности 2200 кг/м^3 с крупным заполнителем на гранитном щебне следует принимать равным $10 \cdot 10^{-6} \text{ град}^{-1} \text{ С}$.

8. Для расчета деформаций железобетонных внецентренно-сжатых элементов с учетом влияния сухого жаркого климата необходимо знать следующие исходные данные:

- температурно-влажностные условия изготовления конструкций;
- возраст бетона к моменту начала эксплуатации под нагрузкой;
- сведения о климатических условиях района строительства;
- коэффициенты условий работы бетона γ_{bt} , γ_{tt} ;
- характеристики длительных деформаций усадки и ползучести бетона.

9. Прогибы обусловленные деформациями от неравномерного нагрева бетона по высоте сечения железобетонных внецентренно-сжатых элементов, находящихся в условиях сухого жаркого климата, представляет собой алгебраическую сумму прогибов от кратковременной и длительной нагрузки, температуры и влажности воздуха.

Удлинение оси железобетонных внецентренно-сжатых элементов при первом воздействии температуры определяется по формуле:

$$\varepsilon_t = \Delta t_w \cdot \alpha_{bt} \cdot \gamma_t \quad (4.1)$$

а температурную кривизну по формуле

Где: Δt_w и v_w - соответственно изменение средних температур и перепадов температур определяемых по формулам (1.22) и (1.24)

α_{bt} - коэффициент температурного расширения бетона

γ_{tt} - коэффициент надежности по температуре, принимаемый равным 1,1.

10. Определение кривизны элемента производится по формулам (1.48), (1.49) и (1.50) с учетом изменений физико-механических свойств бетона в условиях сухого жаркого климата. При этом коэффициент φ_{b1} , учитывающий влияние кратковременной ползучести бетона, принимают по таблице 1.13 и значения коэффициента φ_{b2} учитывающего влияние длительной ползучести бетона принимают по таблице 1.14.

11. Расчет железобетонных внецентренно-сжатых элементов по образованию трещин производят из условия (1.33). При расчете необходимо учитывать деформации усадки от воздействия температуры и снижение прочности бетона на растяжение при помощи коэффициента условий работы бетона γ_{tt} .

Напряжение в бетоне на уровне растянутой арматуры от деформаций усадки определяют по формуле

$$\sigma_{cs} = [\varepsilon_{cs} - \varepsilon_{cs1} - \left(\frac{1}{r}\right)_{cs} (\alpha - y) \cdot E_b \cdot \beta_b \cdot \bar{\nu}] \quad (4.3)$$

Где: y - расстояние от центра тяжести приведенного сечения до растянутой грани элемента, которое для прямоугольного сечения равно:

$$y = \frac{0,5h + \frac{\alpha}{\bar{\nu}} [\mu \cdot \alpha + \mu' (h - \alpha')]}{1 + \frac{\alpha}{\bar{\nu}} (\mu + \mu')} \quad (4.4)$$

Здесь: ε_{cs1} - деформации от усадки бетона;

E_b - модуль упругости бетона;

β_b - коэффициент, учитывающий снижение модуля упругости бетона;

$\bar{\nu}$ - коэффициент упругости бетона, который характеризует упруго-пластические свойства бетона;

ε_{cs} , $(1/r)_{cs}$ - соответственно укорочение оси и кривизна железобетонного элемента от деформаций усадки бетона;

μ' μ - процент армирования сечения растянутой и сжатой арматуры.

12. Расчет образования трещин только от усадки и температуры воздуха для сухого и жаркого климата рекомендуется производить по формуле

$$\sigma_{cs,i} \geq R_{bt,ser} \cdot \gamma_{tt} \quad (4.5)$$

Где- $R_{bt,ser}$ расчетное сопротивление бетона растяжению для 2 -ой группы предельных состояний.

13. Теоретическую ширину раскрытия трещин, нормальных к продольной оси элемента разрешается определять по формуле (1.47), в которой значение коэффициента φ_e для кратковременных нагрузок в условиях сухого жаркого климата принимается равным:

при учете кратковременных нагрузок и непродолжительного действия постоянных и длительных нагрузок (первая стадия работы) - 1,0 ;

при учете продолжительного действия постоянных и длительных нагрузок (вторая стадия работы) для конструкций из тяжелых бетонов естественной влажности

$$\varphi_e = 1,6 - 15\mu \quad (4.6)$$

то же, в водонасыщенном состоянии - 1,2 ;

легкого бетона - 1,5, при попеременном водонасыщении и высушивании - 1,75.

14. Расчет железобетонных внецентренно-сжатых элементов по прочности предназначенных для эксплуатации в сухом жарком климате, производят по СНиП 2. 03. 01-96. В этом случае следует учитывать влияние сухого жаркого климата на изменение прочности бетона на сжатие коэффициентом условия работы бетона γ_{b7} .

15. Практическое использование основных выводов и рекомендаций сформулированных в работе, позволит более точно учитывать влияние климатических факторов районов сухого жаркого климата на прочность, деформативность и трещиностойкость внецентренно-сжатых железобетонных элементов и тем самым повысить эксплуатационную надежность и долговечность конструкций, обеспечивая при этом получение определенного экономического эффекта.

4.2. Внедрение результатов работы.

Результаты экспериментально-теоретических работ были переданы в НИИЖБ для использования при разработке "Рекомендаций по проектированию бетонных и железобетонных конструкций для жаркого климата" и при составлении этих "Рекомендаций..." использованы результаты работы автора по внецентренно-сжатым элементам. Результаты работы были использованы также при разработке "Рекомендаций по расчету бетонных и железобетонных конструкций на изменении климатической температуры и влажности. НИИЖБ, 1992.

Кроме того, результаты этих исследований были внедрены в Джидакпирском заводе ЖБИ Минводхоза республики Узбекистан и в Наманганском сельском комбинате строительных конструкций АПС N 2.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования позволили выявить влияние сухого жаркого климата на свойства бетона и на работу железобетонных внецентренно-сжатых элементов и установить, что циклический характер воздействия температуры и влажности сухого жаркого климата более негативно сказывается на работе железобетонных внецентренно-сжатых элементов по сравнению с нормальными температурно-влажностными условиями.

2. Установлены изменения физико-механических свойств бетона твердеющего в сухом жарком климате, по сравнению с нормальными условиями, а именно, снижение сопротивления осевому сжатию и растяжению при раскалывании; уменьшение начального модуля упругости бетона; снижение структурных характеристик бетона; повышение предельной сжимаемости бетона; повышение деформации усадки и набухания бетона. Показано, что в условиях сухого жаркого климата развитие деформаций усадки бетона во времени и равномерность, ее изменения в общем виде зависит от сезонной климатической температуры и влажности в момент изготовления конструкции.

3. Действие температуры и влажности, а также солнечной радиации вызывает неравномерный прогрев бетона по высоте сечения внецентренно-сжатых железобетонных элементов. Перепад температуры по высоте сечения колонн достигает до 10°C и он зависит от солнечной радиации, а также от относительной влажности воздуха. При таких перепадах расчет температурных деформаций железобетонных внецентренно-сжатых элементов в условиях сухого жаркого климата рекомендуется производить как для бетонных элементов.

4. Расчет железобетонных внецентренно-сжатых элементов, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата, следует производить по методике СНиП 2.03.01-96 с учетом изменения прочностных и деформативных свойств бетона от воздействия температуры, влажности, усадки и набухания бетона. Рекомендуются новые данные по коэффициентам условий работы бетона γ_{b7} , γ_{tt} , и β_b полученные в диссертации для условий сухого жаркого климата.

5. Момент образования трещин внецентренно-сжатых железобетонных элементов, находящихся в условиях сухого-жаркого климата, следует рассчитывать с учетом снижения прочности на растяжение и модуля упругости бетона, а также развитие деформаций усадки и набухания бетона.

При определении момента образования трещин и раскрытию трещин необходимо учитывать усадочные напряжения в бетоне (δ_{CS}), значение которого принимается по формуле (4.3).

Показано, что деформации усадки бетона в условиях сухого жаркого климата зависят от среднемесячной сезонной температуры воздуха, а также относительной влажности воздуха.

6. При расчете деформаций внецентренно-сжатых железобетонных элементов эксплуатируемых в сухом жарком климате, значения коэффициента φ_{b1} , учитывающий развитие кратковременной ползучести бетона, для сухого жаркого климата следует принимать 0,75.

Коэффициент φ_{b2} , учитывающий влияние длительной ползучести бетона, для железобетонных элементов, незащищенных от воздействия солнечной

радиации, для сухого жаркого климата по первой расчетной стадии работы равен 3,0, а по второй расчетной стадии - 3,5. Также необходимо учитывать уменьшение прочности бетона на сжатие путем введения коэффициента условий работы бетона γ_{b7} .

7. При расчете прочности нормальных сечений внецентренно-сжатых элементов, эксплуатируемых в условиях сухого жаркого климата, необходимо учитывать коэффициент условий работы бетона на сжатие γ_{b7} и γ_{tt} на растяжение, значения которых установлены в результате настоящего исследования.

8. Выявлено развитие деформации бетона сжатой зоны и растянутой арматуры в зависимости от эксцентриситета приложения нагрузки и ориентации сжатой и растянутой зоны по странам света (юг, север, запад, восток) и установлено влияние ориентации на развитие деформации бетона сжатой зоны и растянутой арматуры (табл.). Прогибы и углы поворота в испытанных образцах с малой высотой (в I м) не были значительными.

9. Сделан теоретический анализ изменения деформаций растянутой арматуры деформации сжатого бетона, моментов образования трещин (табл. 3,6), раскрытия трещин (табл.3, 7), прочности внецентренно-сжатых колонн (табл.3. 8), в которых указывалось, каким образом учитывается влияние сухого жаркого климата при расчете внецентренно-сжатых железобетонных элементов. Предложены новые значения различных коэффициентов условий работы (γ_{b7} , γ_{bt} , γ_{tt} , β_b)бетона, которые необходимо учитывать в расчете железобетонных внецентренно-сжатых элементов. Данные полученные в работе, были использованы при разработке "Рекомендации... (ТАСИ> НИИЖБ, 1994).

10. Уточнены формулы СНиП 2.03.01-96 по образованию трещин (1.24) введением коэффициента условий работы бетона на растяжение γ_{tt} и напряжений в бетоне от усадки, а по раскрытию трещин (1.44) путем введения деформации температурного расширения и усадки бетона, которые учитывают влияние жаркого климата по образованию и раскрытию трещин.

11. Практическое использование основных выводов и рекомендаций, сформированных в работе, позволит более точно учитывать влияние сухого жаркого климата на прочность, жесткость и трещи- ностойкость внецентренно- сжатых железобетонных элементов и тем самым повысить эксплуатационную надежность и долговечность конструкций, обеспечивая при этом получение определенного экономического эффекта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александровский С. В, Расчет бетонных и железобетонных конструкций на температурные и влажностные воздействия (с учетом ползучести). -М.: Стройиздат, 1966. - 443 с.
2. Александровский С. В. К итогам Международного симпозиума по усадке бетонов - Бетон и железобетон. 1968, N 11.
3. Ашрабов А. Б. , Назруллаев Ф. Нарастание прочности обычного и керамзитового бетонов в летних условиях Узбекистана. Труды Саз ПИ, новая серия, вып. 2. -1979. - 123 с.
4. Ашрабов А. А. Исследование влияния температурно-влажностного режима среды на ползучесть и усадку бетона. Автореф. дисс. канд. техн. наук. -Ташкент: 1970.
5. Арадовский Я. Л , Синельников И. Ю. Литые бетоны для формирования сборных и монолитных конструкций зданий. - Архитектура и строительство Узбекистана. 1983, N 5, 27-28 с.
6. Аскарлов Б. А. , Маилян Д. Р. , Хасанов С. С. Механические свойства бетонов после предварительного сжатия в условиях сухого жаркого климата. "Расчет, проектирование и испытание железобетонных конструкций, предназначенных для эксплуатации в условиях сухого жаркого климата. - Ташкент: , ТашПИ, 1985. 42-45 с.
7. Аскарлов Б. А. -, Рахимов Б. Х. , Нуриддинов Х Н. Учет местных напряжений бетонов на гравиеподобном заполнителе в условиях сухого жаркого климата при расчете на прочность железобетонных конструкций предназначенных для эксплуатации в условиях сухого жаркого климата, - Ташкент:, ТашПИ, 1985. 90-92 с.
8. Баженов Ю. М. Критерий оценки поведения бетона в жарком сухом климате - бетон и железобетон. 1971.-N 8, 9-11 с.
9. Дмитриев А. С, Гренроз В. Образование трещин в сооружениях

эксплуатируемых в жарком сухом климате. - Бетон и железобетон. N 8. 11-13 с.

10. Дмитриев А. С. , Малинский Е. Н. О составах бетона, применяемого в условиях сухого жаркого климата. Материалы 1 Всесоюзного координационного совещания по проблеме технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата. -Ташкент: Узбекистан, 1974. 89-93 с.

11.Дмитриев А. С. Образование трещин в бетоне при его усадке. (Новое в технологии и конструировании бетонных и железобетонных конструкций. -М.: Стройиздат, 1966.

12. Икрамов С. И. , Рахимов Б. Х. Исследование прочности, жесткости и трещиностойкости кампорито- железобетонных изгибаемых элементов. - Строительство и архитектура Узбекистана. 1976. N 7, 40-41 С.13. Инструкция по определению экономической эффективности использования в строительстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. -М.: Стройиздат, 1979, 64 с.

14. Кудрявцев А. А. , Касымов Б. А. Влияние сухого жаркого климата на усадку и ползучесть керамзитобетона. - Строительство и архитектура Узбекистана. 1976, N 8, 33-35 с.

15. Камбаров Х. У. Поведение железобетонных конструкций эксплуатируемых в условиях воздействия температур. -Ташкент:

ВНИИНТИ, 1992. 199 с. Рукопись деп. в УзНИИНТИ N 1707- У392.

16.Камбаров Х. У. , Милованов А. Ф. Физико-механические свойства бетона, арматуры и железобетона при воздействии температуры.-Ташкент: ВНИИНТИ, 1992. 241 с. Рукопись деп. в УзНИИНТИ, N 1715 - У392.

17. Крылов В. А. , Ли А. Твердение бетона за счет электротермообработки при возведении монолитных конструкций в южных районах страны.

18. Калатуров Б. А. и др. / Материалы 1 Всесоюзного координационного совещания по проблеме ”Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата”. -Ташкент: ТашПИ, 1974. 65-69 с, / Работа железобетонных

конструкций при высоких температурах. -М.: Стройиздат, 1972. 18-27 с.

19. Кричевский М. П. О методике расчетного определения температурно-усадочных деформаций бетона при повышении температуры. -ЦНИИСК. -Гостроя СССР. ПЛТ "Строительство и архитектура". Раздел Б, вып. 2 - 1977.

20. Кричевский М. П. Исследование влияния повышенных температур до 90⁰С на трещиностойкость и деформативность центрально-обжатых предварительно напряженных железобетонных элементов при осевом растяжении. Диссертация канд. техн. наук. -М.: 1968. 202 с.

21. Корцивадзе Г. И. и др. Влияние температурно-влажностных условий на нарастание прогибов изгибаемых железобетонных элементов при длительном действии нагрузки. - Бетон и железобетон. 1960. N 1. 27-37 с.

22. Милованов А. Ф. , Тупов Н. И. Влияние температуры на прочность и деформации бетона под нагрузкой. Материалы VI конференции по бетону и железобетону. -М.: Стройиздат, 1966. 85-86 с.

23. Милованов А. Ф. Влияние климатических воздействий на железобетонные конструкции. /Совершенствование конструктивных форм методов расчета и проектирование железобетонных конструкций. -НИИЖБ. Госстроя СССР. 1988. 73-77 с

24. Милованов А. Ф. , Камбаров Х У. Расчет железобетонных конструкций для условий жаркого климата, -Ташкент: Укитувчи, 1991. 176 с,

25. Милованов А. Ф. . Камбаров Х У, Расчет железобетонных конструкций на воздействие температуры, - Ташкент: Укитувчи, 1994, 360 с,

26. Малинина Л. А. , и др. Исследование процессов тепло и массообмена в бетонах твердеющих в различных температурно-влажностных условиях.- Бетон и железобетон, 1971, N 8, 23-25 с.

27. Миронов С, А. , Малинский Е. Н, , Вахитов М. М, 0 термостойкости бетона в условиях сухого жаркого; климата. -Строительство и архитектура Узбекистана. 1981. - N 8. 1-5 с.

28, Малинский Е. Н, , Невакшанов А. Н, Об особенностях формирования

структуры и свойств бетона в условиях жаркого климата - Строительство и архитектура Узбекистана, 1981. N 8, 5-9 с, /Материалы 1 Всесоюзного совещания по проблеме "Технология бетонных работ в условиях жаркого климата". Ташкент. 1974, 65-69 с.

29. Мамажанов Р, К, Прочность и модуль упругости бетона в условиях жаркого климата, /Сб, : научных трудов ТашЗНИИЭП.. Конструкция жилых и общественных зданий в Средней Азии, Тбилиси; 1976. 28-31 с,

30. Мамажонов Р. К, Практический способ определения величин длительных деформаций бетона в стадии проектирования железобетонных конструкций. "Строительство и архитектура Узбекистана"¹. 1976. Б\ 9. 34-36 с.

31. Миронов С. А. , Малинский Е. Н. , Абрамова Р. С, Твердение бетона в условиях жаркого климата - Бетон и железобетон, 1971. N 8, 4-9 с,-.

32. Миронов С. А. Малинский Е. Н. Основы технологии бетона в условиях жаркого климата. -М.: Стройиздат, 1985. 316 с.

33. Мухитдинов А. М. Об отпускной прочности бетона в изделиях в условиях сухого жаркого климата - Материалы 11 Всесоюзного координационного совещания по проблеме: Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата. Ашхабад 1976, 214-217 с.

34. Материалы 1 -Всесоюзного координационного совещания по проблеме: Технология работ в условиях сухого жаркого климата. Ташкент; Узбекистан, 1974, 266 с.

35. Мурашев В. И. Трещиноустойчивость, жесткость и прочность железобетона. -М. : Машстройиздат, 1950. 266 с.

36. Мурашев В. И. Теория появления и раскрытия трещин в железобетоне, расчет жесткости." Строительная промышленность". 1940. N 11. 31-37 с.

37. Маилян Р. JL Бетоны на карбонатных заполнителях. Ростовский университет "Ростов-на-Дону". 1967. 272 с.

38. Мукумов Т. Особенности работы сборных железобетонных плит безрулонных крыш в климатических условиях Средней Азии. Автореферат

диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ташкент: 1986. 22 с.

39. Мухитдинов А. М. Влияние сухого жаркого климата на работу железобетонных конструкций. "Строительство и архитектура Узбекистана. 1972. N 8. 12-16 с.

40. Материалы координационного совещания по проблеме "Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата". - Ашхабад¹: 1974.

41. Низамов Ш. Р. Прочность, жесткость и трещиностойкость железобетонных изгибаемых элементов из аглопоритобетона в условиях сухого жаркого климата, Автореф. дисс. канд. техн. наук., -М, : 1983,

42, Нифонтов А, В, Исследования усилий а статически неопределимых железобетонных элементов при неравномерном нагреве, Диссертация канд, техн, наук, - М, : 1972,

43, Некрасов К, Д, Масленникова М.Г, Легкие жароупорные бетоны "Бетон и железобетон 1991. № 1,2, 63-67 с,

44. Некрасов К, Д, Тарасева А. П. Жаростойкий бетон на портландцементе, - М, | Стройиздат , 1979, 192 с,

45. Пунагин . Н. Бетон и бетонные работы в условиях сухого жаркого климата, - Ташкент: Фан, 1974,

46. Пунагин В.Н. Технология бетона в условиях сухого жаркого климата - Ташкент: Фан, 1977.

47. Рыжова С. И., Фигаровский В. В. Работа игибаемых железобетонных элементов в. условиях равномерного нагрева, "Бетон и железобетон", 1967, N 5, 35-37 с.

48. Русин С. П. Исследование прочности колонн из мелкозернистого высокопрочного шлакобетона при внецентренном сжатии, Диссертация канд, техн, наук, -М, : 1979.

49. Рекомендации по проектированию бетонных и железобетонных конструкций для жаркого климата,--М, : 1988,

50.Свечин Н. Б. Особенности производства бетонных работ во время сухого жаркого климата Средней Азии, В кн, "Труды института сооружений АН УзССР», вып, 5. -Ташкент: 1954.,

51, Ступаков Г. И., Самсонова Г. В, Об изменении прочности монолитного керамзитобетона на среднеазиатских заполнителях. Материалы II Всесоюзного координационного совещания по проблеме Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата Ашгабат: 1978, 108-113 с

52.Ступаков Г. И. Технология бетона. -Ташкент: "Укитувчи" ,1983.152с.

53.Салимов М. М. Исследование физико-механических свойств и долговечности цементобетона плоских монолитных конструкций в условиях сухого жаркого климата. Автореф. дисс, канд. техн. наук. - Ташкент: 1971.

54.Самойленко В. Н. Расчет собственных температурных напряжений в статически определимых железобетонных элементах. В кн.: "Работа железобетонных конструкций при высоких температурах ". -М. : Стройиздат, 1972. 67-77 с.

55.СНиП2. 01. 07-85 "Нагрузки и воздействия". Госстрой СССР. -М.: 1988.

56. СНиП2. 03. 01-84."Бетонные и железобетонные конструкции. М.: - ЦИТП Госстроя СССР. 1985.

57. СНиП 2. 03. 04-84."Бетонные и железобетонные конструкции, пред назначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур. ЦИТП Госстроя,СССР,1985.

58. Строительные нормы и правила 2. 01.01-82 "Строительство климатология и геофизика"

59. Тарасов О. Г. Исследование модуля упругости бетонов, работающих в условиях различных температур и влажности внешней среды. Депонир. во ВНИС Рукопись N3575 Ташкентского политехнического института. -Ташкент: 1982. 4 с.

60.Тарасов О. Г. , Касымов Б. А. Влияние влагонасыщения на прочность и

деформативные свойства легкого бетона. - Строительство и архитектура Узбекистана, 1974, N 10.

61. Федоров А. Е. Причины пониженной трещиностойкости бетона в условиях сухого жаркого климата. В кн.: Материалы 11 Всесоюзного координационного совещания по проблеме "Технология бетонных работ в условиях сухого жаркого климата". - Ашхабат: 1976. 306-309 с.

62. Федоров А. К. Влияние переменной влажности окружающей среды на трещиностойкость керамзитобетона - Строительство и архитектура Узбекистана. 1980. М 8. 11-13 с.

63. Фигаровский В. В., Залесов А. С. Практический метод расчета железобетонных конструкций по деформациям. -М.: Стройиздат, 1976. -100 с.

64. Шейкин А. Е. , Чеховский Ю. В., Бруссер М. И. Структура и свойства цементных бетонов - М.: Стройиздат, 1979. 343 с.

65. Шоджалилов Ш Особенности работы предварительно напряженных изгибаемых элементов из керамзитобетона в районах с сухим жарким климатом. Автореф. дисс... канд. техн. наук, -Ташкент: 1988.

66. Щербаков Е. Н. Мамаджонов Р.К. Влияние некоторых факторов на развитие во времени усадки тяжелого бетона. Сб. научных трудов ЦНИИСа, вып. Проблемы ползучести и усадки бетона ЦНИИС, 1974. 145-146 с.

67. Щербаков Е. Н. Мамажонов Р. К. Предельные величины деформаций ползучести и усадки бетона в климатических условиях Средней Азии, Изв. вузов Строительства и архитектуры. 1976. N 6.

68. Щербаков Е. Н. , Мамажонов Р. К. Рекомендации по определению числовых параметров деформаций ползучести и усадки бетона при проектировании железобетонных конструкций для районов с сухим жарким климатом ЦНИИС Минтрансстроя. -М.: 1983.

69. Щербаков Е. Н., Юсупов Р.Р. Прочность, модуль упругости и кратковременные деформации напрягающего бетона. - Строительство и архитектура Узбекистана. 1979. N 10. 36-38 с.

70.Щербаков Е. Н., Хубова Н. Г. Статистический анализ величин предельной сжимаемости бетона при одноосном кратковременном сжатии , В кн. Вопросы надежности железобетонных конструкций. - Куйбышев: 1976.-202 с.

71 Юсупов Р. Р. Учет особенностей длительных деформаций напрягающего бетона в расчетах самонапряженных железобетонных конструкций. Автореф, дисс. канд. техн. наук. М,: 1982.

72.Эскаф М. С. Влияние климатических факторов на прочностные и деформативные свойства бетонов и железобетонных элементов .Автореф. дисс. канд. техн. наук. Ташкент: 1985.

73.Камбаров Х У. Сайдуллаев К. И. , Ризаев Б. Ш. Влияние сухого жаркого климата на прочность бетона. Расчет, проектирование и испытание железобетонных конструкций предназначенных для эксплуатации в условиях сухого жаркого климата. Ташкент: ТашПИ, 1974.

74. Отчет Ташкентского Политехнического института по теме "Определение температур и влажности по толщине внецентренно-сжатых элементов прямоугольного сечения из тяжелого бетона при воздействии солнечной радиации. - Ташкент: 1989,

75.Ризаев Б. Ш. Прочность и трещиностойкость железобетонных колонн в условиях сухого жаркого климата. Сб. научных трудов Наманганского филиала ТМИ. -Ташкент: 1989.

76. Ризаев Б.Ш. Изменение температуры и влажности по толщине внецентренно-сжатых колонн из тяжелого бетона пр воздействии солнечной радиации. Сб. научных трудов Наманганского филиала ТМИ. -Наманган. 1990,

77. Ризаев Б. Ш Прочность и деформативность внецентренно-сжатых железобетонных колонн в условиях сухого жаркого климата. Сб. научных трудов профессорско-преподавательского состава Наманганского индустриально-технологического института. - Наманган 1992

78. Abbasi. A. F. and Alam. N. S. "Compressive strength of Concrete in Hot Weather "Housing Science, Vol.6. N 2, pp. 121 -134. 1982. IAHS.

79. Abrams. M. S. . Compressive Strength of concrete at Temperatures to 1600 F, Temperature and Convective, ACL Speoiaal Publi- cat. i on SP- 25 p. 33
80. Nassep. K. V. , "Elevated Temperature Effect an the Structural Proper- ties of Air - Entraained Connconvete", ACI Special Publica- tion sp-39. P
81. Shalon. R. ,and Ravina . D. , "Studies in convveting in Hot Countries, R. I. L. E. M. Int. Symp on Concrete and Reinforced Concrete in Hot Countries, Haifa,(July 1969).
82. Safarians and Harris E. Determination of minimum wal thickness and temperature steel in conventionally reinforced cir- cular concrete silos. "Journal of th ACI", N 7, Vol. 67, 1970.
83. Hannant D. Strain behaviour of concrete up ta 95 C under compres- sive stresses. Conference on rpe stressed concrete vessels. ICE. London, 1968.