могильников радиоактивных отходов, а также для заделки стыков и трещин в строительных конструкциях, оштукатуривания поверхности стен и потолков рентгеновских кабинетов и кабинетов радиационной терапии, лабораторий радиационной дефектоскопии и других помещений.

Таким образом разработанные составы композиционных вяжущих на основе серы характеризуется высокой прочностью и производство серных композиционных материалов экономически эффективно за счет снижения энергозатрат в 1,5-2 раза, снижении себестоимости в 1,5-2 раза, а также обладают радиационно-защитными свойствами от гамма и рентгеновского излучения, и могут использоваться для проведения аварийных работ на объектах атомной энергетики, возведений ограждающих конструкций бункеров, хранилищ и могильников радиоактивных отходов.

Список использованной литературы

1. АКПР. Обзор технологий утилизации серы [Электронный ресурс] Академия Конъюнктуры Промышленных Рынков; - Электрон, текстовые дан. Режим доступа: newchemistry.ru
2. АКПР. Применение серы в строительстве [Электронный ресурс] Академия Конъюнктуры Промышленных Рынков; - Электрон, текстовые дан. • Режим доступа: newchemistry.ru
3. www.newchemistry.ru «Применение серы в строительстве».
4. Королев Е.В., Прошин А.П., Соломатов В.И. Серные композиционные материалы для защиты от радиации. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2001. 208с.
5. Королев Е.В., Прошин А.П., Соломатов В.И. Серные композиционные материалы для защиты от радиации. Пенза: Изд-во ПГУАС, 2001. 208с.
6. Радиационно-защитные и коррозионностойкие серные строительные материалы/ Е.В. Королев, Л.П. Прошин, Ю.М. Баженов, Ю.А. Соколова.М.: Палеотив, 2006. 272с.

DOI: 10.34708/GSTOU.CONF..2021.62.43.042

УДК 69.05.628.153

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАПРЯГАЮЩИХ БЕТОНОВ ПОСЛЕ ТЕРМООБРАБОТКИ

RESEARCH OF STRESS CONCRETE CONSTRUCTION AND TECHNICAL PROPERTIES AFTER THERMAL PROCESSING

¹Айменов А.Ж., ²Айменов Ж.Т., ³Кашкинбаев И.З.

¹Aimenov A.Zh., ²Aimenov Zh.T., ³Kashkinbayev I.Z.

¹Доктор PhD, Научно-исследовательский институт Естественнотехнических наук, ЮКУ им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

²Доктор технических наук, профессор, Научно-исследовательский институт Естественнотехнических наук, ЮКУ им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан

³Доктор технических наук, профессор, КазГАСА, г. Алматы, Казахстан

¹PhD in Engineering, Research Institute of Natural-Technical Sciences,
M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Doctor of Technical Sciences, Professor, Research Institute of Natural-Technical Sciences
M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

³ Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh Leading Academy of Architecture
and Civil Engineering, Almaty, Kazakhstan

Аннотация. Строительно-технические свойства бетонов, используемых для замоноличивания стыков конструкций, имеют важное значение. С увеличением водоцементного отношения расширение бетонных образцов во время обогрева возрастает по величине и уменьшается по продолжительности своего развития. Обогрев в условиях частично-исключенной массообмена интенсифицирует расширение и рост прочности, а тепловые процессы закрепляют

расширяющуюся структуру. К бетону заделки стыков конструкций предъявляются определенные требования по плотности, так как бетон заделки несет также функции антикоррозийной защиты. Предварительное выдерживание напрягающего бетона в нормальных условиях до его термообработки позволяет набрать необходимую прочность. Выполненные опыты показали, что сцепление арматуры с напрягающим бетоном несколько выше чем с обычным бетоном. С увеличением водоцементного отношения и температуры изотермического выдерживания величина сцепления арматуры с бетоном после его термообработки снижается. Замоноличивание стыков предусматривает использование литых бетонных смесей, что дает возможность применения суперпластификаторов. Их присутствие снижает электрическое сопротивление бетонной смеси и увеличивает водоудаление. Важной является проблема морозо- и водостойкости бетонов стыков, связанная с обеспечением его долговечности. Результаты проведенных исследований показали достаточную морозостойкость и водонепроницаемость напрягающего бетона для обеспечения эксплуатации замонolithicенных стыков конструкций.

Abstract. The construction and technical properties of concrete used for monolithic joints of structures are important. With an increase in the water-cement ratio, the expansion of concrete samples during heating increases in magnitude and decreases in duration of its development. Heating under conditions of partially-excluded mass transfer intensifies the expansion and growth of strength, and thermal processes fix the expanding structure. Concrete sealing joints of structures are subject to certain density requirements, since concrete sealing also carries the functions of corrosion protection. Preliminary exposure of tensile concrete under normal conditions to its heat treatment allows you to gain the necessary strength. The performed experiments showed that the adhesion of reinforcement with tensile concrete is not much higher than with ordinary concrete. With an increase in the water-cement ratio and the temperature of isothermal aging, the adhesion of the reinforcement to concrete after its heat treatment decreases. The monolithization of joints involves the use of cast concrete mixtures, which makes it possible to use superplasticizers. Their presence reduces the electrical resistance of the concrete mix and increases water removal. An important problem is the frost and water resistance of concrete joints, associated with ensuring its durability. The results of the studies showed sufficient frost resistance and water tightness of the straining concrete to ensure the operation of monolithic joints of structures.

Ключевые слова: водоцементное отношения, температура изотермического нагрева, плотность бетона, степень гидратации, сцепление с арматурой, суперпластификатор, морозостойкость, водонепроницаемость.

Keywords: water-cement ratio, isothermal heating temperature, concrete density, degree of hydration, adhesion to reinforcement, superplasticizer, frost resistance, water tightness.

Для напрягающих бетонов, используемых с целью замонolithicивания стыков конструкций, важное значение имеют их строительно-технические свойства [1].

Влияние водоцементного отношения, времени и температуры изотермического нагрева. При выборе режимов твердения напрягающего бетона наряду с обеспечением набора необходимой прочности существенное значение имеет обеспечение процессов расширения цементного камня, на величину которого влияют правильно выбранные водоцементное отношение, время и температура изотермического обогрева. В экспериментах водоцементное отношение варьировалось от 0,3 до 0,5. Как показали опыты, образцах, подвергнутых тепловой обработке при различных водоцементных отношениях, наблюдается значительная интенсификация процессов расширения и упрочнения бетона [3-7].

По мере увеличения водоцементного отношения расширение образцов во время обогрева возрастает по величине и уменьшается по продолжительности своего развития. Необходимо отметить, что повышение водоцементного отношения вызывает известное снижение прочности, однако при обогреве в условиях частично исключенной массоотдачи, прочность образцов с повышенным водоцементным отношением в дальнейшем приближается по своей величине к прочности образцов, В: отовленных с меньшим содержанием воды. Это объясняется тем, что

при исключении массоотдачи бетона процессы гидратации, так же, как и реакция образования сульфатоалюмината кальция, проходят полнее как во время, так и после обогрева.

Температура и продолжительность изотермического обогрева составляли соответственно 40-80 °С и 4-8 ч. Эксперименты показали, что при увеличении температуры величина и продолжительность расширения образцов в период термообработки уменьшаются на 10-15%, вместе с тем интенсивность расширения во время обогрева увеличивается, но резко затухает по мере прекращения и последующего естественного хранения.

Анализ результатов показывает, что достижение максимальной степени развития расширения в период обогрева, в результате согласованного развития последнего с процессом набора прочности, возможно при становлении температуры изотермического обогрева в интервале 50-70 °С. При $T_{из.}=80$ °С рост прочности в период термообработки происходит более быстрыми темпами и достигает большей величины, но после четырехчасового обогрева остается практически на одном уровне. В то время как образцы, прогретые при $T_{из.} = 40-60$ °С, увеличивают и значение расширения, и значение прочности.

Прочность и расширение образцов в зависимости от времени изотермического обогрева зависят от температуры и времени выдерживания. При обогреве бетона в течение 4 ч образцы расширяются и после термообработки. Величина и продолжительность расширения увеличиваются по мере сокращения времени обогрева, а прочность образцов повышается как в процессе их расширения во время термообработки, так и при последующем расширении после обогрева [10-12].

Таким образом, сопоставление технологических факторов, влияющих на конечные свойства напрягающего бетона, позволяют сделать вывод, что обогрев в условиях частично-исключенной массоотдачи интенсифицирует как расширение, так и рост прочности, а тепловые процессы, вызывающие рост прочности бетона, успевают закрепить расширяющуюся структуру.

Исследование плотности бетона, степени гидратации цемента, сцепления с арматурой и влияние добавок суперпластификатора на подвижность напрягающего бетона. Известно, что наряду с прочностью к бетону заделки стыков сборно-монолитных конструкций предъявляются определенные требования по плотности, так как бетон заделки несет также функции антикоррозийной защиты.

Визуальный осмотр образцов, прогретых по разным режимам (таблица

1) показывает, что при выдерживании образцов до термообработки в нормальных условиях в течение 12 ч, бетон имеет весьма плотную структуру. Образцы, выдержанные 6 ч, имеют видимые нарушения в виде трещин и ноздреватостей. После 3 часового выдерживания наблюдается вспучивание в сторону открытой поверхности. По мере увеличения скорости подъема температуры, температуры изотермического выдерживания и водоцементного отношения, не наблюдалось значительного увеличения количества пор.

Сравнивая образцы, прогретые по разным режимам, можно сказать, что немаловажным фактором является предварительное выдерживание напрягающего бетона в нормальных условиях до его термообработки, так как напрягающий бетон, обладающий ценным свойством уплотнять структуру к моменту достижения изотермической температуры, успевает набрать необходимую прочность. Таким образом, по мере увеличения времени предварительного выдерживания в нормальных условиях область разрыхления уменьшается. Так, для 3-часового выдерживания рыхлый бетон составляет 1/2 часть общего объема, для 12-часового - 1/4 часть общего объема.

Определение прочности и пористости напрягающего бетона проводилось на образцах-цилиндрах, твердевших после термообработки в течение 28 суток в нормальных условиях. Характеристики проведенных экспериментов, а также прочность и пористость контрольного и обработанного бетона даны в таблице.

На основании результатов определения качественной и количественной оценки пористости напрягающего бетона, прогретого по различным технологическим факторам, можно установить, что температура изотермического прогрева 80 °С с точки зрения «допустимой» пористости является предельной, а предварительное выдерживание в нормальных условиях до термообработки в интервале от 1 до 3 ч приводит к значительному (на 50%) увеличению «опасной» пористости.

На образцах-цилиндрах, твердевших 6 месяцев в помещении лаборатории, была определена степень гидратации напрягающего цемента бетона. Результаты исследования представлены в таблицах 1, 2.

Таблица 1

Прочность и общая пористость напрягающего бетона

№№ эксперимента	Прочность, МПа	Пористость, %	№№ эксперимента	Прочность, МПа	Пористость, %
1	21,6	22,7	15	19,1	17,3
2	22,3	20,1	16	19,0	16,9
3	19,3	15,8	17	19,7	18,2
4	19,1	15,1	18	19,8	18,0
5	21,5	21,3	19	21,9	20,2
6	22,4	20,0	20	19,7	16,1
7	19,1	14,7	21	20,3	17,2
8	18,2	14,3	22	21,0	17,1
9	21,8	23,3	23	21,2	17,3
10	22,2	21,7	24	21,0	17,2
11	19,3	17,1	25	19,7	17,0
12	19,0	16,2	26	20,8	17,1
13	21,4	24,5	27	20,5	17,3
14	21,7	23,5	28	21,1	17,2

Таблица 2

Степень гидратации напрягающего цемента

№ пробы	Масса навески	Потери при прокаливании			Кол-во связанной цементом воды, %	Степень гидратации, %
		г	%	Среднее значение, %		
1	1,517	0,305	20,1	19,42	16,5-26,0	79,7
2	1,394	0,272	19,5			
3	1,057	0,190	18,0			
4	5,568	1,065	19,1			
5	2,645	0,539	20,4			

Известно, что на гидратацию цемента расходуется лишь 15-25% воды от веса цемента, остальная часть необходима для придания бетонной смеси аданной удобоукладываемости. Избыточная вода, оставаясь в бетоне, создает в нем поры, а при термообработке вследствие температурного расширения приводит к дефектам структуры бетона. Но, учитывая то, что напрягающий бетон полнее проявляет процессы линейного расширения и самонапряжения в бетонах с повышенным водоцементным отношением (в экспериментах В/Ц составляло от 0,3 до 0,5), нами были подобраны более мягкие режимы и оптимальные сроки выдерживания бетона до термообработки, что удовлетворяло требованиям по удобоукладываемости и экономии цемента (понижение В/Ц до 0,25 и менее при жесткости смеси 60-80 сек, приводило к увеличению расхода цемента до 500-550 кг/м³).

Проводилось определение сцепления напрягающего бетона с арматурой путем выдерживания стального стержня диаметром 10 мм из образца <1=7,14 см. Применялись гладкие и периодические профили арматуры. Разрушающая нагрузка увеличивалась ступенями по 5 кН.

Деформация сдвига арматуры на загруженном конце стержня наблюдалась уже на первых стадиях нагружения. Начальное смещение ненагруженного конца элемента появлялось при усилии 30-35% от разрушающей нагрузки при гладкой арматуре и 40-45% - при арматуре периодического профиля. Полный сдвиг арматурного стержня происходил соответственно при усилиях 35-40 и 45-50 кН, а при дальнейшем увеличении

усилия раскрытие продольных трещин на поверхности образца наблюдалось визуально. Опыты показали, что сцепление арматуры с напрягающим бетоном как нормального хранения, так и прошедшего термообработку, несколько выше приведенных в литературе данных о сцеплении с арматурой обычного бетона. По-видимому, это достигается за счет самоуплотнения структуры бетона, что способствует лучшему защемлению стержней арматуры в напрягающем бетоне, чем в обычном. Тепловое воздействие на напрягающий бетон кондуктивным методом в

условиях частично-исключенной массотдачи понижает величину сцепления арматуры с бетоном нормального хранения примерно на ту же величину, что и прочность при сжатии (таблица 3).

Усредненный коэффициент сцепления $K_{сц} = \frac{R_{сц}}{R}$ колеблется в пределах 0.041 +0.052.

При увеличении водоцементного отношения и температуры изотермического выдерживания как абсолютная, так и относительная величина сцепления арматуры с напрягающим бетоном после его термообработки понижается (характер зависимостей здесь такой же, как при формировании прочности при сжатии). Сцепление арматуры периодического профиля с напрягающим бетоном по сравнению с гладкой арматурой почти 2 раза выше. Это относится и к бетонам нормального хранения, к бетонам, и прошедшим термообработку. Зависимости сцепления гладкой арматуры и арматуры периодического профиля с напрягающим здесь такие же, как с бетоном на портландцементе.

Таблица 3

Сцепление напрягающего бетона с арматурой

N п/п	В/Ц	Температура изотерм. прогрева °С	Скорость подъема температуры, °С /ч	Время изотерм. прогрева, ч	Вид арматуры	Сцепление в возрасте 28 сут МПа		
						нормального хранения	прогретого	сцепления, %
1	0,30	40	10	8,0	1	3,9	3,8	97,2
2	0,30	40	10	8,0	2	6,1	6,2	96,5
3	0,30	40	20	8,0	1	3,6	3,6	
4	0,30	40	20	8,0	2	6,1	6,1	99,3
5	0,30	40	10	6,0	1	3,2	3,1	96,9
6	0,30	40	10	6,0	2	6,0	5,8	96,7
7	0,30	40	20	6,0	1	3,2	3,1	96,9
8	0,30	40	20	6,0	2	5,9	5,7	96,6
9	0,30	60	10	6,0	1	3,6	3,5	97,2
10	0,30	60	10	6,0	2	6,4	6,1	95,3
11	0,30	60	20	6,0	1	3,3	3,1	94,4
12	0,30	60	20	6,0	2	6,4	6,1	95,3
13	0,30	80	10	4,0	1	3,5	3,3	94,3
14	0,30	80	10	4,0	2	6,2	5,9	95,1
15	0,40	80	20	4,0	1	3,5	3,4	97,1
16	0,40	80	20	4,0	2	6,2	5,9	95,1
17	0,50	80	10	4,0	1	3,2	3,0	93,7
18	0,50	80	10	4,0	2	5,8	5,4	93,1
19	0,50	80	20	4,0	1	3,1	2,9	93,5
20	0,50	80	20	4,0	2	5,8	5,3	91,4

Примечание: 1 - гладкая арматура;

2 - арматура периодического профиля;

Замоноличивание некоторых типов стыков предусматривает использование литых (самоуплотняющихся) бетонных смесей. В этой связи новым направлением в производстве бетонных работ является применение так называемых суперпластификаторов [2]. Вот почему представляется интересным исследование возможности применения суперпластификаторов в технологии замоноличивания стыков.

Согласно ГОСТ 30459-96 - «Добавки для бетонов. Методы определения эффективности», [2, 14] изучалось влияние добавок суперпластификаторов типа «10-03». Состав бетонной смеси был следующим: 1:0<—3:2<—6:2<—6 при расходе цемента 350 кг/м³. Подвижность исходной бетонной смеси без добавки составляла 7-9 см осадки конуса.

Изменение свойств бетонной смеси в зависимости от количества добавок суперпластификатора оценивалось по начальному электрическому сопротивлению смеси в форме, удобоукладываемости, а также по количеству удалившейся из бетонной смеси воды (таблица 4). Все бетонные смеси обрабатывались по одному технологическому режиму.

Влияние суперпластификатора на свойства бетонной смеси

№ п/п	Количество добавки в % от Ц	Осадка конуса, см	Начальное электрическое сопротивление, Ом	Общее количество выделившейся воды, %	Начальная объемная масса исходной смеси, кг/л
1	0	7-9	64	17.2	2.278
2	0.2	9-10	58	18.2	2.269
3	0.3	12-15	55	20.8	2.292
4	0.4	18-20	55	20.8	2.290
5	0.5	17-20	55	20.8	2.300
6	0.6	19-21	55	22.0	2.340

Как следует из таблицы 4, оптимальным количеством добавки, исходя из условия получения бетонной смеси с подвижностью 9-12 см осадки конуса, следует считать 0.2-0.3% от массы цемента в расчете на сухое вещество добавки. Введение добавки сверх 0.4% существенного влияния на подвижность бетонной смеси не оказывает. Необходимо отметить, что присутствие суперпластификатора несколько снижает электрическое сопротивление бетонной смеси и увеличивает водоудаление.

Морозостойкость и водонепроницаемость напрягающего бетона. Требования, предъявляемые бетонам стыка, как правило, зависят от конфигурации стыка и условий его работы, а интенсивность разрушения оледнеющего зависит от плотности, характера пористости, условий твердения и набора прочности. В связи с этим марка бетона должна быть в соответствии с не ниже $R = 100$ (для внутренних конструкций, отапливаемых линий и сооружений в период строительства и монтажа) при эпизодическом воздействии температур ниже 0°C в условиях воздушно-влажностного состояния. Проблема морозостойкости бетона, связанная с обеспечением необходимой долговечности стыков, является одной из самых актуальных, большой вклад в изучение морозостойкости бетонов внесли работы Г.И. Горчакова, С.А. Миронова, С.В. Шестоперова, а также зарубежных исследователей А. Веллми, Р. Коллинза, Т. Пауэрса и др.

Исследованиями установлено, что получение после термообработки бетонов высокой морозостойкости и водонепроницаемости обеспечивается их высокой плотностью и правильным выбором режимов термообработки. Указывается на большое влияние на эти свойства В/Ц отношения и продолжительности изотермического выдерживания [8-9, 13, 14].

Определение морозостойкости напрягающего бетона проводилось на образцах кубов с ребром 10 см и цилиндров $d = 7,14$ см, $h = 14,3$ см по методике ГОСТ 10060.1-95.-«Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости». Испытанию подвергались образцы свободного и связанного расширения, твердевшие в нормальных условиях и прошедшие электротермообработку при $T_{из} = 40, 60$ и 80°C со скоростью подъема температуры 10 и 20°C в час. Параллельно с подогреваемыми образцами изготавливались из таких же составов бетонные образцы нормального твердения. Оценку морозостойкости образцов производили по данным визуальных наблюдений и изменения прочности при сжатии. Результаты выполненных исследований, приведенные в таблице 4, показывают понижение морозостойкости напрягающего бетона при увеличении водоцементного отношения. Влияние изотермического выдерживания на его морозостойкость незначительно. После 200 циклов замораживания и оттаивания коэффициент морозостойкости в зависимости от этих факторов колеблется в пределах 0.95-0.97. Максимальной морозостойкостью ($K_{мрз} = 0,98$) обладает напрягающий бетон при В/Ц = 0,3. Указанное влияние различных факторов на морозостойкость напрягающего бетона не изменяется и по отношению к прогретому бетону.

Если после 200 циклов замораживания и оттаивания коэффициент морозостойкости бетона нормального твердения с увеличением В/Ц от 0,3 до 0,5 уменьшается от 0,97 до 0,95, то при тех же условиях коэффициент морозостойкости прогретого бетона понижается с 0,93 до 0,89. Повышение температуры с 60 до 80°C и продолжительность изотермического выдерживания в незначительной степени уменьшает коэффициент морозостойкости. Несколько боль-

шие значения коэффициента морозостойкости 0.95 показывают бетоны при уменьшении скорости подъема температуры. Как видно из таблицы 4, напрягающий бетон при ограничении упругих деформаций, т.е. для условий стыков выдержал 200 циклов замораживания и оттаивания. При этом бетонные образцы, прошедшие термообработку, незначительно потеряли в прочности, в среднем 7-9 %, что, несомненно, свидетельствует об эффективности применения напрягающего бетона в стыках, т.е. при упругом ограничении деформаций, так как при этом наиболее полно проявляется способность НЦ по самоуплотнению структуры.

Полученные результаты показывают, что морозостойкость напрягающего бетона находится на уровне морозостойкости бетона на портландцементе и выше за счет высокой плотности, достигаемой мягким режимом подъема температуры при минимальном водоцементном отношении.

Характерным показателем, определяющим дефектность структуры и материала, а в целом бетона замоноличивания стыков сборных железобетонных каркасов является его водонепроницаемость.

В экспериментах определялось изменение водонепроницаемости напрягающего бетона в зависимости от водоцементного отношения, температуры изотермического выдерживания и скорости подъема температуры по методикам, основанным на измерении максимального давления, при котором через образец не просачивается вода. Испытанию предшествовало выдерживание образцов в течение суток при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха не менее 95 %. Давление воды повышали ступенчато по 0,2 МПа в течение 1-5 мин и выдерживали на каждой ступени в течение 16 ч. Водонепроницаемость каждого образца (партия 6 шт.) оценивали по максимальному давлению воды с последующим определением марки бетона по водонепроницаемости.

Влияние на водонепроницаемость напрягающего бетона как нормального хранения, так и прошедшего термообработку при ограничении связанных деформаций, водоцементного отношения • и режима термообработки аналогично их влиянию на морозостойкость. Марка по водонепроницаемости напрягающего бетона в зависимости от вышеперечисленных факторов колеблется в пределах от W-6 до W- 8 F (таблица 4). Проведенные испытания показали, что водонепроницаемость прогретых образцов и образцов нормального хранения в течение 100 циклов замораживания и оттаивания практически одинакова, а к 200 циклам высота подъема воды в прогретых образцах достигла лишь 3-4 см.

Причина незначительного понижения морозостойкости и увеличения водонепроницаемости напрягающего бетона взаимосвязана с некоторым ухудшением прочностных показателей бетона, прошедшего термообработку. Данное положение объясняется тем, что при термообработке бетона, как правило, теряется 10-12% прочности за счет влияния повышенных температур, в наших экспериментах потери составили лишь 5-7%, благодаря напряженному состоянию компонентов напрягающего бетона, так как при самонапряжении в его структуре преобладают снижающие напряжения.

Эксперименты показали, что более благоприятными для напрягающего бетона являются мягкие режимы термообработки при изотермического выдерживания $T_{из.}=600^\circ\text{C}$ и пониженным водоцементным отношением $В/Ц=0,3$, так как в этом случае в бетоне 60 С практически не содержатся капиллярные поры, которые влияют на его морозостойкость, а вода, содержащаяся в контракционных порах и порах гелия, замерзает только при температуре от -30 до -78°C . Наличие в цементном камне такого вида пор, не заполненных водой, может только благоприятно влиять на морозостойкость бетона.

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования и анализ факторов $T_{из}$ УпЛ и В/Ц, обуславливающих морозостойкость и проницаемость бетона, позволяют сделать вывод о том, что напрягающий бетон благодаря благоприятному напряженному состоянию его компонентов, а также высокой плотности зоны контакта цементного камня с заполнителем, удовлетворяет требованиям нормативных документов, при этом общая продолжительность термообработки при $T_{из.}=60^\circ\text{C}$ существенно сокращается. Из условий морозостойкости и водонепроницаемости напрягающего бетона можно рекомендовать оптимальный режим термообработки, выявленный из условий его прочностных показателей примерно 3+6 ч при $T_{из.}=60^\circ\text{C}$.

Список использованной литературы

1. Айменов Ж.Т., Айменов А.Ж. Кашкинбаев И.З. Влияние режимов термообработки на прочность и самонапряжение напрягающего бетона // Весник МКТУ, №1, 2011, с.3-9.
2. Фаликман В.Р., Вайнер А.Я. Новое поколение суперпластификаторов // Бетон и железобетон, 200,- с.31-34
3. Горчаков Г.И. Состав, структура и свойства цементных бетонов. - Москва: Стройиздат, 1976. -34с.
4. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетона и железобетонных изделий. - Москва: Стройиздат, 1984. -672 с.
5. Кашкинбаев И.З. Технология бетонирования стыков сборного железобетонного каркаса. – Алма-ата: КазЦНТИС Госстроя, Серия 2, 1985. -5 с.
6. Данилов Н.Н. Инфракрасный нагрев в технологии бетонных работ и сборного железобетона. Дисс. на соиск. Уч. ст. д-ра техн. наук.
7. Крылов Б.А. Вопросы теории и производства применения электроэнергии для тепловой обработки бетона в разных температурных условиях. Автореф. дисс. на соискание уч. степ. д-ра техн. наук. –Москва: НИИЖБ, 1969. -51 с.
8. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. –Москва: Стройиздат, 1975, -657 с.
9. Подвальный А.М. Об испытании бетона на морозостойкость //Бетон и железобетон. -1996, -С. 13-17, -№4.
10. Кашкинбаев И.З. Опыт внедрения строительной науки в учебный процесс. Тезисы Межреспуб. наун.-метод. –Алма-Ата, КазПТИ: 1989, -2 с.
11. Ходжаев С.А. Особенности физико-механических свойств, напрягающих бетона в сборных и монолитных конструкциях. // Бетон и железобетон. 2001. –С. 20-23.
12. Кашкинбаев И.З. Физико-механические закономерности формирования структуры напрягающих бетонов при их термообработке. Мат. Междунар. конф.// Теоретические и экспериментальные исследования строительных конструкций. – Алматы, 2005. –С. 247-249.
13. Муртазаев С-А.Ю., Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г., Муртазаева Т.С-А. Современные подходы к использованию природного сырья горных территорий для получения эффективных строительных композитов // Устойчивое развитие горных территорий. – 2016. - №3 (Т.8). – С.238-247.
14. Саламанова М.Ш., Бисултанов Р.Г., Муртазаева Т.С-А., Хубаев М.С-М. Разработка составов долговечных бетонов с использованием композиционного вяжущего // Научное обозрение. – 2016. – №10. – С. 56-65.