НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО РАСЧЕТУ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНОПОЛИМЕРОВ

МОСКВА—1980

gost.e-ecolog.ru

НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ И ИЗГОТОВЛЕНИЮ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНОПОЛИМЕРОВ

Утверждены
директором НИИЖБ
26 июня 1980 г.

Москва 1980

УДК 666.972:678.06

Печатаются по решению секции по коррозии, спецбетонам и физико-химическим исследованиям НТС НИИЖБ Госстроя СССР от 10 апреля 1980 г.

Рекомендации по расчету и изготовлению конструкций из бетонополимеров, М., НИИЖБ Госстроя СССР, 1980, с 24.

Рекомендации содержат основные положения по технологии изготовления и расчету сборных конструкций и изделий из бетонов, пропитанных полимерами (бетонополимеров).

Изложены требования к пропиточным материалам, бетонным конструкциям и изделиям, предназначенным для пропитки, технологическому оборудованию, а также даны рекомендации по выбору режимов сушки, пропитки, полимеризации и безопасному ведению технологического процесса. Приведены нормативные и расчетные физико-механические характеристики бетонополимеров и соответствующие расчетные формулы для проектирования армированных конструкций из бетонополимеров.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников проектных и производственных организаций, занимающихся вопросами проектирования, производства и применения конструкций и изделий из бетонополимеров.

Табл. II.

(С) Научно-исследовательский институт бетона и железобетона Госстроя СССР, 1980

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Рекомендации содержат основные положения по технологии изготовления и расчету сборных железобетонных конструкций и изделий из бетонов, полностью пропитанных полимерами (бетоно - полимеров).

Пропитка бетонов полимеризующимися составами на основе синтетических мономеров резко (в 3-5 раз) повышает их прочность и другие свойства, что позволяет снизить массу конструкций и изделий и значительно повысить их долговечность.

Особенно эффективно применение бетонополимеров для изготовления специальных конструкций и изделий, в которых реализуется комплекс положительных свойств этого материала.

Цель настоящих Рекомендаций - облегчить проектирование и организацию производства конструкций и изделий из бетонополимеров и расширить области их применения.

Рекомендации составлены на основе результатов исследований, проведенных НИИЖБ Госстроя СССР, НИФХИ им. Л.Я.Карпова, МИСИ им. В.В.Куйбышева, МАДИ, КТБ Мосоргстройматериалов, МХТИ им. Д.И.Менделеева, Ташкентским политехническим институтом, Вильнюсским инженерно-строительным институтом и другими организациями.

Рекомендации разработаны НИИЖБ Госстроя СССР (д-ра техн.наук, профессора А.А.Гвоздев, В.В.Патуроев, кандидаты техн.наук Ю.В. Максимов, О.Ф.Ильин, А.С.Залесов, Р.Л.Серых, В.А.Беликов, инженеры М.А.Хорькова, С.М.Куркин)при участии МИСИ им. В.В.Куйбышева (д-р техн.наук Ю.М.Баженов, кандидаты техн.наук Л.А.Алимов, В.В. Воронин), МАДИ (д-р техн.наук, проф. Г.И.Попов, инж. В.И.Папу), ВИСИ (канд.техн.наук Г.В.Марчюкайтис),НИФХИ им. Л.Я.Карпова (инж. Ф.З.Райчук), КТБ Мосоргстройматериалов(д-р техн.наук Б.В. Гусев, канд.техн.наук У.Х.Магдеев), МХТИ им. Д.М.Менделеева (канд.техн.наук Н.Е.Огнева, инж. Е.Я.Робас), ТашПИ (кандидаты техн.наук И.К.Касимов, В.М.Джабаров, инж. Р.А.Юсупов), ИСиА Госстроя БССР (инж. Н.М.Гурбо).

Все замечания и предложения по содержанию настоящих Рекомендаций просьба направлять в НИИЖБ по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6.

Дирекция НИИЖБ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Настоящие Рекомендации распространяются на производство и проектирование сборных конструкций и изделий из бетонополимера, изготавливаемых пропиткой всего сечения бетонных и железобетонных конструкций и изделий полимеризующимися составами на основе синтетических мономеров, с использованием термокаталитического способа полимеризации.*

I.2. Пропитку бетонных и железобетонных конструкций и изделий полимеризующимися составами на основе синтетических мономеров проводят с целью резкого увеличения прочности, морозостойкости, непроницаемости, химической стойкости, абразивостойкости, кавитационной стойкости и придания бетону электроизолирующих и других специальных свойств.

I.3. В результате пропитки полимеризующимися составами тяжелый бетон приобретает свойства, приведенные в табл.I.

I.4. Нормативные и расчетные физико-механические характеристики бетонополимеров при проектировании конструкций принимают согласно пп. 9.7-9.8 настоящих Рекомендаций.

I.5. Эффективность обработки бетонов полимеризующимися составами зависит от свойств исходного бетона, времени сушки, типа пропиточного состава, режимов пропитки и полимеризации.

I.6. Из бетонополимеров рекомендуется изготовливать следующие сборные конструкции и изделия:

а) конструкции промышленных и сельскохозяйственных зданий с повышенной химической агрессией;

б) напорные и безнапорные трубы для перекачки агрессивных и абразивных жидкостей;

в) электроизолирующие траверсы и опоры ЛЭП;

г) сваи для строительства в вечномерзлых грунтах, опоры морских причальных сооружений, работающих в суровых климатических условиях;

д) заглубляемые морские сооружения;

е) плиты покрытий полов, тротуаров, дорог и аэродромов, бор-

---

* В настоящих Рекомендациях не рассматривается пропитка неполимеризующимися составами типа битума, петролатума, растворов нефтеполимерных смол, а также пропитка мономерами не на полную глубину (поверхностная), которые применяют для увеличения химической стойкости изделий и конструкций.

Таблица I. Основные физико-механические свойства бетонополимеров

Свойство	Бетон до пропитки	Бетон после пропитки (бетонополимер)
Объемная масса, кг/м^3	2000-2400	2000-2400
Предел прочности, МПа:		
при сжатии	20-60	80-160
" изгибе	5-6	15-20
" растяжении	2-2,5	7-12
Модуль упругости, МПа	25000-30000	35000-50000
Морозостойкость, циклы	100-300	Не менее 30000
Коэффициент стойкости ($R/R_{исх}$) через 6 мес. воздействия агрессивной среды:		
Na_2SO_4 15%	Разрушение	0,95
H_2SO_4 10%	То же	0,65-0,80
$NaOH$ 10%	-"-	0,90-0,98
Маслопроницаемость, время прохождения при 0,3 МПа	15 мин	Не проницаем при 1,5 МПа
Абразивный износ (потеря массы), %	20	2,5
Водопоглощение, %	6-10	0,1-0,6
Горючесть	-	Трудносгораем
Диэлектрические свойства влажного материала	Проводник	Диэлектрик
Стойкость к действию масел и бензина	Стоек	Стоек
Расход мономера, кг/м^3	-	80-150

дарные камни, кромки колодцев;

ж) опреснительные установки;

з) конструкции сборных градирен;

и) решетчатые полы, лотки навозоудаления и другие элементы животноводческих производственных зданий;

к) конструкции и облицовочные изделия для строительства в условиях сухого жаркого климата.

I.7. Целесообразность применения бетонополимера устанавливается в зависимости от конкретных условий эксплуатации конструкций и изделий (в том числе специальных).

2. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИЯМ И ИЗДЕЛИЯМ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫМ ДЛЯ ПРОПИТКИ ПОЛИМЕРИЗУЮЩИМИСЯ СОСТАВАМИ

2.I. Бетонные конструкции и изделия, предназначенные для пропитки полимеризующимися составами[*] изготавливают из тяжелых бетонов марок М200-М600 в соответствии с указаниями главы СНиП II-I6-70 "Бетонные и железобетонные конструкции сборные" и СН 488-76 "Инструкция по приготовлению мелкозернистых песчаных бетонов" (М., I977). При этом не регламентируется подвижность и жесткость бетонной смеси, а также способ уплотнения и режим твердения, которые к началу пропитки должны обеспечить не менее 70% марочной прочности исходного бетона (см. п.2.2 настоящего раздела). Рекомендуется использовать для пропитки конструкции и изделия, изготовленные из бетона расчетных марок М300-М400, с В/Ц = 0,45 - 0,5.

2.2. Состав исходного бетона подбирают в соответствии с требуемой проектной маркой бетонополимера (табл.2).

Таблица 2. Зависимость проектной марки бетонополимера от исходной марки бетона

Проектная марка бетонополимера	800	I000	I200	I400
Марка исходного бетона	200-250	250-350	350-450	450-600

[*] В дальнейшем "бетонные конструкции и изделия, предназначенные для пропитки полимеризующимися составами" будем именовать "бетонными изделиями".

2.3. В качестве вяжущего бетона используют портландцементы марок 300-600 любого минералогического состава. Не рекомендуется применять пуццолановый цемент.

2.4. Бетонные изделия должны иметь толщину не более 15 см, что облегчает сушку, пропитку и полимеризацию.

2.5. Бетонные конструкции и изделия, подготовленные для пропитки, не должны иметь выбоин, раковин и трещин шириной более 0,5 мм. Перед пропиткой подобные дефекты заделывают цементно-песчаным раствором марки 200 с предварительной очисткой поверхности дефекта.

2.6. В качестве антиадгезионного материала для металлических форм рекомендуется использовать жидкие машинные масла. Не допускается применение парафина, солидола, вазелина и других густых смазок, которые кольматируют пористость внешних слоев бетона и препятствуют его дальнейшей пропитке полимеризующимися составами.

2.7. Поверхность бетонных изделий должна быть чистой; не допускается наличие лакокрасочных, гидроизолированных и других покрытий и загрязнений.

3. ПРОПИТОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1. Пропитку бетонов при получении конструкций и изделий из бетонополимеров осуществляют низковязкими пропиточными составами, состоящими из мономеров винилового ряда, инициаторов и ускорителей радикальной полимеризации, а также добавок, повышающих термостойкость и прочность бетонополимеров.

3.2. Свойства компонентов пропиточных составов, а также условия их хранения и транспортирование должны отвечать требованиям соответствующих ГОСТ и ТУ, приведенных в табл.3.

3.3. Соотношение компонентов пропиточных составов принимают согласно табл.4. В зависимости от сроков хранения компонентов и условий полимеризации концентрация инициаторов может меняться в пределах, указанных в табл.4.

3.4. Для придания бетонополимерным конструкциям и изделиям свойства "самозатухания" (прекращения горения при удалении источника огня) в пропиточные составы (табл.4) следует дополнительно вводить фосфорорганические соединения винифос или трибутилфосфат в количестве 15-20% массы состава.

Таблица 3. Основные компоненты пропиточных составов

Назначение компонента	Техническое название, марка	Химическое название	ГОСТ или ТУ
Мономер	Метилметакрилат ММА	Метиловый эфир метакриловой кислоты	ГОСТ 20370-74
	Стирол	Винилбензол	ГОСТ 10003-76
Сшивающий агент	Дивинилбензол ДВБ	Дивинилбензол	МРТУ 6-05-947 - 65
	Полиэфир ТГМ-3	Триэтиленгликоль-диметакрилат	ТУ МХП Б2-17- - 56
	Полиэфир ПН-35	-	ОСТ6-05-431-78
Инициатор полимеризации	Порофор ЧХЗ-57	Динитрил азобисизомасляной кислоты	МРТУ 6-14-237 - 69
	Гипериз ГП	Гидроперекись изопропилбензола	МРТУ 38-25-66
Ускоритель полимеризации	Нафтенат кобальта НК	Раствор в стироле кобальтовых солей нафтеновых кислот	МРТУ 6-05- -1075-67
Антипирен	Винифос ВФ	Дихлорэтил винилфосфиновой кислоты	-
	Трибутилфосфат ТБФ	Трибутилфосфат	-

Таблица 4. Пропиточные составы для получения бетонополимеров

Компоненты составов	Содержание компонентов (в мас.ч.) составов							
	I	2	3	4	5	6	7	8
Метилметакрилат	I00	I00	50	50	70	–	–	I00
Стирол	–	–	50	50	–	I00	85	–
Дивинилбензол	–	–	–	–	–	I8	–	–
Полиэфир ТГМ-3	–	–	–	–	30	–	–	–
Полиэфир ПН-35	–	–	–	–	–	–	I5	–
Порофор	0,25-0,50	–	0,25-0,5	–	0,5	I,5-I,8	I,5-2,0	0,I-0,2
Гипериз	–	3-5	–	4-5	–	–	–	I,0
Нафтенат кобальта	–	6-I0	–	8-I0	–	–	–	–

Таблица 5. Зависимость времени жизнеспособности пропиточных составов от температуры

Температура состава при хранении, °С	-I0	0	+I0	+20	+30	+40
Время жизнеспособности состава, сут	I20-I80	30-60	I5-30	7-I0	2-3	I-0,5

4. СУШКА БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

4.1. Сушку бетонных изделий можно проводить, используя конвективный, контактный, индукционный, радиационный, вакуумный, высокочастотный, электромагнитный и другие способы прогрева и удаления влаги или их комбинации, позволяющие сократить продолжительность сушки без существенных увеличений энергозатрат на единицу объема высушиваемого бетона.

4.2. В качестве теплоносителя конвективных и комбинированных сушилок используют горячий воздух и топочные газы, не содержащие маслянистых отходов сгорания.

4.3. Конструкция сушильной установки должна обеспечивать свободную загрузку и выгрузку изделий, а также равномерный их прогрев до температуры 110-150°С без местных перегревов, превышающих 250°С, приводящих к появлению трещин. В случае необходимости придания бетонополимеру специальных (например, электроизолирующих) свойств допускается сушка при более высоких температурах.

4.4. Между поверхностями соседних изделий, размещенных в сушильной камере, должны быть предусмотрены зазоры не менее 10 мм, обеспечивающие равномерное омывание теплоносителем всех поверхностей высушиваемых изделий.

4.5. Содержание остаточной влаги в высушенных бетонных изделиях не должно превышать 0,5-1,0% по массе. Режим сушки подбирают опытным путем для каждого изделия в зависимости от конструкции сушильной камеры, габаритов и конфигурации изделий, а также состава бетона.

4.6. Продолжительность сушки, подбираемая опытным путем, может колебаться от 2 до 48 ч в зависимости от толщины и формы изделия, состава бетона, типа сушильного оборудования, температуры сушки.

4.7. Контроль процесса сушки проводят на образцах-кубах с ребром, размер которого равен максимальной толщине изделия. Перед началом сушки четыре грани куба изолируют с помощью фольги или термостойкого покрытия (типа эпоксидной смолы), оставляя свободными две противоположные грани. После отверждения покрытия кубы помещают в сушильную камеру одновременно с партией изделий и взвешивают их через каждые 2 ч. Процесс сушки считают законченным, если масса контрольных кубов не будет меняться в

течение 2 ч.

4.8. Перед пропиткой высушенные бетонные изделия должны быть охлаждены до температуры 30-35°С, для чего их выдерживают в производственном помещении при температуре 10-20°С в течение 2-3 ч. С целью ускорения процесса охлаждения рекомендуется применять обдув нагретых изделий сухим воздухом, имеющим комнатную температуру.

5. ПРОПИТКА БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

5.1. Пропитку бетонных изделий проводят в герметичном пропиточном оборудовании, рассчитанном и подобранном в соответствии с требованиями технологического режима и конфигурацией изделий и конструкций. В пропиточном оборудовании должна быть предусмотрена возможность проведения процесса полимеризации по п.6.2 настоящих Рекомендаций.

5.2. В зависимости от размеров и сечения бетонных изделий, марки исходного бетона, типа имеющегося оборудования может быть использован один из двух режимов пропитки.

1) Вакуумирование изделий при остаточном давлении 1000-2000 Па с последующей подачей пропиточного состава и пропиткой под атмосферным давлением;

2) Вакуумирование изделий с последующей подачей пропиточного состава и пропиткой под избыточным давлением (обычно 0,2 МПа), создаваемым сжатым азотом.

5.3. Ориентировочный выбор продолжительности вакуумирования и пропитки по различным режимам, указанным в п.5.2 настоящего раздела в зависимости от толщины изделий, исходной марки бетона и прочности бетонополимера проводят по табл.6. Для каждого конкретного изделия режим пропитки уточняется при выпуске опытной партии на имеющихся в наличии оборудовании и пропиточных составах.

5.4. Конструкция пропиточной камеры должна быть рассчитана на работу по одному из режимов, приведенных в пп.5.2 и 5.3 настоящего раздела. Контроль степени разряжения (вакуумирования), а также повышенного давления осуществляют соответственно при помощи вакуумметра или манометра. Степень заполнения пропиточной камеры пропиточным составом контролируют по мерному стеклу или стандартными уровнемерами дистанционного действия.

Таблица 6. Продолжительность вакуумирования и пропитки бетонных изделий

Марка исходного бетона	Продолжительность вакуумирования (над чертой) и пропитки (под чертой), ч					
	Режим I			Режим 2 ($P_{изб}$= 0,2 МПа)		
	при толщине изделия, мм					
	до 50	I00	I50	до 50	I00	I50
200-250	0,5 / I,5	0,5 / 6	I / I6	0,5 / I	0,5 / 4	I / I2
250-350	0,5 / 2	I / 7	I,5 / I8	0,5 / I,5	I / 5	I,5 / I3
350-450	0,5 / 4	I / 9	2 / 22	0,5 / 2	I / 7	2 / I7
450-600	0,5 / 4	I,5 / I0	2 / 26	0,5 / 2	I,5 / 8	2 / 20

5.5. Для изготовления пропиточного оборудования используют материалы химически инертные по отношению к компонентам пропиточных составов. Корпус пропиточной камеры и другие детали, непосредственно контактирующие с пропиточным составом, изготавливают из стальных или алюминиевых сплавов; герметизирующие прокладки - из силиконовых каучуков, бензостойкой резины, фторопласта, полиэтилена и других материалов, ненабухающих в мономерах; сливные и загрузочные краны - из стали.

5.6. Загрузку изделий в пропиточное оборудование и их выгрузку рекомендуется проводить, используя сетчатые контейнеры, траверсы и другие приспособления, которые не препятствуют свободному доступу пропиточных составов к любой точке поверхности бетонных изделий и сливу избытка пропиточного состава с этой поверхности по окончании процесса пропитки. После загрузки контейнера с изделиями в пропиточную камеру свободное пространство в ней заполняют балластными металлическими пластинами, что предотвращает

перерасход пропиточного состава. Одновременно в камеру помещают образцы-спутники, использованные при контроле сушки по п.4.7 настоящих Рекомендаций.

5.7. Расход пропиточного состава, необходимого для пропитки бетона в изделии складывается из количества поглощенного бетоном состава и потерь (остаток на дне, стенках и в трубопроводах пропиточной камеры, испарившийся мономер и т.п.). Количество потерь в отработанном технологическом процессе является величиной постоянной для конкретного изделия и оборудования и устанавливается опытным путем.

Количество поглощенного мономера зависит от состава бетона и способа формования и для режимов пропитки, приведенных в п.5.2 настоящего раздела, ориентировочно может быть установлено по табл.7.

Таблица 7. Зависимость количества поглощенного состава от прочности исходного бетона

Марка исходного бетона	200-250	250-350	350-450	450-500
Количество поглощенного пропиточного состава, % массы бетона	6-9	5-7	4,5-6	3-5

5.8. Пропиточный состав вводят в пропиточную камеру через нижний патрубок непосредственно после окончания процесса вакуумирования. Для этого перекрывают вакуумную линию и открывают линию подачи пропиточного состава, который под действием вакуума засасывается в камеру.

5.9. Все изделия, находящиеся в пропиточной камере, должны быть полностью покрыты пропиточным составом. Кроме того, в камеру вводят дополнительное количество пропиточного состава для компенсации потерь и снижения его уровня после поглощения пропиточного состава бетоном.

5.10. Эксплуатация пропиточных камер при использовании повышенного давления должна осуществляться в соответствии с правилами, установленными Госгортехнадзором.

6. ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ПРОПИТОЧНОГО СОСТАВА В ПОРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ БЕТОНА

6.1. Полимеризацию пропиточных составов, находящихся в поровом пространстве бетона, осуществляют с целью их перевода из жидкого состояния в твердое. Составы, приведенные в п.3.3 настоящих Рекомендаций, рассчитаны на проведение термокаталитической реакции полимеризации при температуре 60-80°С.

6.2. Процесс полимеризации проводят в тех же камерах, что и пропитку*. После окончания процесса пропитки пропиточный состав полностью сливают в резервную емкость, а камеру в течение 1-3 мин заполняют подогретой до 60-80°С герметизирующей жидкостью, которая служит для равномерного прогрева пропитанных изделий и предотвращения испарения мономера с их поверхности. Герметизирующие жидкости не должны быть летучими, токсичными и горючими. В качестве герметизирующих жидкостей рекомендуется использовать воду, глицерин, петролатум, водные растворы солей и т.п.

6.3. Необходимо обеспечить свободный доступ герметизирующей жидкости к любой точке поверхности каждого из пропитываемых изделий и предусмотреть, чтобы верхний край контейнера с изделиями был погружен под слой герметизирующей жидкости не менее чем на 10 см.

6.4. Время полимеризации в зависимости от типа инициатора, мономеров и температуры для пропиточных составов, приведенных в п.3.3 настоящих Рекомендаций, устанавливается по табл. 8.

6.5. По окончании процесса полимеризации определяют количество полимера, содержащегося в бетонополимере, для чего взвешивают образцы-спутники и определяют содержание полимера в бетонополимере. Содержание полимера, M (в %) находят по формуле

$$M = \frac{G_{бп} - G_б}{G_б} \cdot 100\ \% \qquad (I)$$

---

* Допускается проведение процесса полимеризации в специальных полимеризационных камерах; представляющих собой обогреваемые емкости, снабженные крышкой с гидрозатвором и заполненные герметизирующей жидкостью. Перемещение контейнера с пропитанными изделиями из пропиточной камеры в полимеризационную осуществляют в течение 1-2 мин при работающей вентиляции, которая должна предотвращать образование предельной допустимой концентрации мономера.

где $G_б$ – масса бетонного куба после сушки, г;

$G_{бп}$ – масса того же образца после пропитки и полимеризации, г.

Таблица 8. Зависимость времени полимеризации от температуры для различных пропиточных составов

Температура полимеризации, °С	Время полимеризации (ч) для различных пропиточных составов							
	I	2	3	4	5	6	7	8
50–60	6	8	9	I0	7	I0	9	7
70	4	6	7	8	5	8	7	5
80	3	5	6	7	4	6	6	4

7. КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНОПОЛИМЕРА

7.I. Контроль предела прочности при сжатии бетонополимера осуществляют на образцах-спутниках (кубах), изготовленных по пп. 4.7, 5.I0 и 6.5 настоящих Рекомендаций.

7.2. Определение предела прочности при сжатии кубов осуществляют по методике ГОСТ I2730–78. При этом нагрузку на образец передают через грани, свободные от герметизирующих покрытий.

7.3. В связи с высокой прочностью бетонополимера и хрупким характером разрушения, во время испытаний образец отгораживают от испытателя прозрачным экраном и защитными кожухами.

8. ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОГО ВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

8.I. К работам по обслуживанию оборудования для осуществления процесса сушки, пропитки, полимеризации и приготовления пропиточного состава допускаются лица не моложе I8 лет, прошедшие обучение и сдавшие экзамены на знание конструкции оборудования и правил его эксплуатации.

8.2. При организации производства бетонополимерных изделий и конструкций правила техники безопасности устанавливаются в соответствии с указаниями главы СНиП Ш-4-79 "Техника безопасности в строительстве", а также с требованиями ГОСТов и ТУ на компоненты пропиточных составов.

8.3. Производственные помещения должны быть оборудованы противопожарными средствами (водопровод, углекислотные огнетушители, ящики с песком и др.) в соответствии с требованиями главы СНиП П-А.5-70 "Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений".

8.4. Производственные помещения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, обеспечивающей 3-5-кратный обмен воздуха. Кроме того, аппараты, в которых проводят приготовление пропиточного состава, пропитку и полимеризацию оборудуются местными отсосами.

8.5. В производственных помещениях периодически (по графику) отбирают пробы воздуха для определения концентрации паров основных компонентов пропиточных составов, которая не должна превышать предельно допустимой: для стирола - 5 мг/м^3, для метилметакрилата - 10 мг/м^3, для гидроперекиси изопропилбензола - 1 мг/м^3.

8.6. Обслуживающий персонал, занимающийся приготовлением пропиточного состава, пропиткой и полимеризацией должен быть обеспечен спецодеждой из плотной ткани, спецобувью, защитными очками или масками, брезентовыми и резиновыми рукавицами.

8.7. Рабочие места, где проводят работы с пропиточными составами, должны иметь аптечку, в которой по согласованию с врачом должны быть медикаменты для оказания первой помощи. В случае отравления летучими компонентами пропиточных составов (головокружение, тошнота) следует немедленно выйти на свежий воздух и обратиться к врачу. При попадании пропиточного состава или его компонентов на кожу следует промыть это место теплой водой с мылом. При попадании компонентов пропиточного состава на слизистую оболочку глаз необходимо немедленно промыть ее обильным количеством воды и обратиться к врачу.

8.8. Лица, занятые на производстве бетонополимеров, должны ежегодно проходить медицинский осмотр с регистрацией по установленной форме. Лица, страдающие кожными и аллергическими заболеваниями (бронхиальная астма, вазомоторный насморк, крапивница, дерматит и т.п.), а также хроническими заболеваниями слизистых оболочек глаз к работе с материалами, перечисленными в п.3.2 настоящих Рекомендаций, не допускаются.

8.9. Компоненты пропиточных составов хранят в соответствии с требованиями, изложенными в ГОСТ и ТУ на эти материалы. Инициаторы полимеризации рекомендуется хранить в светонепроницаемых герметичных емкостях отдельно от мономеров. Мономеры являются легковоспламеняющимися веществами. Их хранят в плотнозакупоренных металлических бочках в огнестойких складах и погребах при температуре не выше 15°С.

8.10. В производственных помещениях и местах хранения компонентов пропиточных составов категорически запрещается курить, пользоваться источниками огня или искр, проводить электро- и газосварочные работы. Электрооборудование отделений приготовления пропиточного состава, пропитки и полимеризации должно быть выполнено во взрывобезопасном исполнении.

8.11. При дозировке компонентов категорически запрещается смешивать одновременно инициатор и ускоритель твердения, реакция взаимодействия которых сопровождается воспламенением.

8.12. В рабочих помещениях следует вывесить инструкции по технике безопасности и противопожарному режиму с указанием обязанностей персонала в случае возникновения пожара.

9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНОПОЛИМЕРОВ

9.1. Расчет бетонополимерных конструкций следует производить по методике главы СНиП II-21-75 с учетом особых свойств бетонополимеров.

9.2. Настоящие Рекомендации распространяются на проектирование конструкций и изделий из бетонополимеров, получаемых пропиткой всего сечения элементов метилметакрилатом с использованием термокаталитического способа полимеризации.

9.3. Типы конструкций, на которые распространяются настоящие Рекомендации, ограничены изгибаемыми и короткими сжатыми элементами с $l_0/r \leq 14$.

9.4. Настоящие Рекомендации не распространяются на конструкции, работающие при температуре выше 50°С.

9.5. При проектировании бетонополимерных конструкций предусматриваются следующие проектные марки бетонополимера по прочности на сжатие: 800; 1000; 1200; 1400. Соответствующие им марки исходного бетона приведены в табл.2.

За проектную марку бетонополимера по прочности на сжатие принимается сопротивление осевому сжатию $\bar{R}_{бп}$ эталонного куба с размером ребра 10 см, испытанного в соответствии с ГОСТ 10180-78.

9.6. Нормативная кубиковая прочность бетонополимера $R^{н}_{бп}$ определяется по формуле

$$R^{н}_{бп} = \bar{R}_{бп} (1 - 1{,}64\,\nu), \qquad (2)$$

где ν - коэффициент вариации кубиковой прочности бетонополимера, принимаемый равным 0,15.

Нормативная призменная прочность бетонополимера определяется по формуле

$$R^{н}_{пр.бп} = 0{,}85\,R^{н}_{бп} \qquad (3)$$

Нормативные сопротивления бетонополимера (с округлением) в зависимости от проектной марки по прочности на сжатие даны в табл.9.

9.7. Нормативное сопротивление бетонополимера осевому растяжению $R^{н}_{р.бп}$ в случаях, когда прочность бетонополимера на растяжение не контролируется, принимается в зависимости от проектной марки бетонополимера по прочности на сжатие согласно табл.9.

9.8. Расчетные сопротивления бетонополимера для предельных состояний первой группы определяются путем деления нормативных сопротивлений на соответствующие коэффициенты безопасности для бетонополимера при сжатии $K_{бп.с}$ или при растяжении $K_{бп.р}$, принимаемые одинаковыми и равными $K_{бп.с} = K_{бп.р} = 1{,}5$.

Величины расчетных сопротивлений бетонополимера (с округлением) в зависимости от проектных марок по прочности на сжатие для предельных состояний первой и второй групп приведены в табл.9.

Расчетные сопротивления бетонополимера при действии много - кратно повторяющейся нагрузки умножаются на коэффициенты условий работы, определяемые по табл.10.

Коэффициент условий работы, учитывающий длительность действия нагрузки, при включении в расчет нагрузок, суммарная длительность действия которых мала, принимается равным 1, а при исключении этих нагрузок - 0,8.

Таблица 9. Нормативные и расчетные сопротивления бетонополимеров

Вид сопротивления	Нормативные сопротивления бетонополимера $R^{н}_{пр}$ и $R^{н}_{р}$, расчетные сопротивления для предельных состояний второй группы $R_{прII}$ и $R_{рII}$ и первой группы $R_{пр}$ и $R_{р}$ при проектной марке по прочности на сжатие			
	800	I000	I200	I400
Сжатие осевое (призменная прочность) $R^{н}_{пр}$ и $R_{прII}$, МПа	5I	64	77	90
Сжатие осевое (призменная прочность), $R_{пр}$, МПа	34	42,5	5I	60
Растяжение осевое $R^{н}_{р}$ и $R_{рII}$, МПа	5,6	5,8	6,3	6,7
Растяжение осевое $R_{р}$, МПа	3,7	3,9	4,2	4,5

Таблица I0. Коэффициенты условий работы бетонополимера при действии многократно повторяющейся нагрузки

Коэффициенты условий работы бетонополимера $m_{бn2}$, при многократно повторяющейся нагрузке и коэффициенте асимметрии цикла $\rho_{б}$, равном									
0	0,I	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
0,372	0,4I5	0,459	0,502	0,545	0,587	0,63	0,673	0,7I6	0,759

9.9. Величина начального модуля упругости бетонополимера при сжатии и растяжении принимается по табл.II.

Таблица II. Начальный модуль упругости бетонополимеров

Проектная марка по прочности на сжатие бетонополимера	800	I000	I200	I400
Начальный модуль упругости бетонополимера при сжатии $E_{бп} = I0^{-2}$, МПа	380	420	440	460

9.I0. Коэффициент линейной температурной деформации бетонополимера $\alpha_{бп.t}$ при изменении температуры от минус 50°С до плюс 50°С принимается равным $I,I \cdot I0^{-5}$ $град^{-I}$.

9.II. Начальный коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона) μ принимается равным 0,24, а модуль сдвига G, равным 0,4 от соответствующих значений $E_{бп}$, указанных в табл.II.

9.I2. При расчете предварительно напряженных элементов при натяжении арматуры на бетон следует учитывать потери предварительного напряжения арматуры согласно указаниям главы СНиП II-2I-75. При этом:

а) потери от усадки и первые потери от ползучести принимаются равными нулю;

б) вторые потери от ползучести следует определять по формуле

$$\sigma_п = 80\ \sigma_{бн} / R_0,\ МПа \quad при \quad \sigma_{бн}/R_0 \leq 0,7,$$

где R_0 – передаточная прочность бетонополимера, принимаемая равной 75% проектной марки;

$\sigma_{бн}$ – напряжения в бетонополимере в сечениях, нормальных к продольной оси элемента, определяемые в соответствии с указаниями главы СНиП II-2I-75; в стадии предварительного обжатия $\sigma_{бн}$ не должны превышать 65% передаточной прочности бетонополимера R_0.

9.I3. Расчетные сопротивления арматуры сжатию $R_{а.с}$, используемые при расчете конструкций по предельным состояниям первой группы, при наличии сцепления арматуры с бетонополимером принимаются равными соответствующим расчетным сопротивлениям арматуры

растяжению R_a, но не более 600 МПа.

IO. РАСЧЕТ АРМИРОВАННЫХ И НЕАРМИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ БЕТОНОПОЛИМЕРОВ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ ПЕРВОЙ ГРУППЫ

IO.I. Расчет по прочности неармированных элементов бетонополимерных конструкций должен производиться по упругой стадии.

IO.2. При расчете прочности сечений, нормальных к продольной оси элемента, армированных бетонополимерных конструкций, граничное значение относительной высоты сжатой зоны ξ_R, при которой предельное состояние элемента наступает одновременно с достижением в арматуре напряжения, равного расчетному сопротивлению R_a, определяется по формуле

$$\xi_R = \frac{\xi_0}{1 + \frac{\sigma_A}{600}\left(1 - \frac{\xi_0}{1,1}\right)}, \qquad (4)$$

где ξ_0 – характеристика сжатой зоны бетонополимера, принимаемая равной 0,55;

σ_A – напряжение в арматуре (в МПа), принимаемое для арматуры классов: А-I, А-II, А-III, В-I и Вр-I равным $R_a - \sigma_0$, а для арматуры классов: А-IУ, А-У, Ат-У, Ат-УI, В-II и К-7 – равным $R_a + 400 - \sigma_0$.

IO.3. В общем случае расчета прочности нормальных сечений (при любых формах сечений, внешних усилиях и любом армировании) напряжение в арматуре σ_{ai} выражается через относительную высоту сжатой зоны ξ_i по формуле

$$\sigma_{ai} = \frac{600}{1 - \frac{\xi_0}{1,1}}\left(\frac{\xi_0}{\xi_i} - 1\right) + \sigma_{0i} \qquad (5)$$

Во всех случаях $R_{ai} \geq \sigma_{ai} \geq -R_{aci}$, для предварительно напряженных элементов $\sigma_{ai} \geq \sigma_{ci}$, где σ_{ci} – напряжение в арматуре, равное предварительному напряжению σ'_{0i}, уменьшенному на величину 600 МПа, а при расчете в стадии предварительного обжатия – на величину 480 МПа.

Кроме того, если значение σ_{ai}, полученное по формуле (5) для арматуры класса А-IУ, Ат-IУ, А-У, Ат-У, Ат-УI, В-II и К-7 превышает $0,8\,R_{ai}$, то напряжение σ_{ai} следует определять по формуле

$$\sigma_{ai} = \left(0,8 + 0,2\,\frac{\xi_{yi} - \xi_i}{\xi_{yi} - \xi_{Ri}}\right) R_{ai} \qquad (6)$$

В формуле (6): ξ_{Ri} и ξ_{yi} – относительная высота сжатой зоны бетонополимера, отвечающая достижению в рассматриваемом стержне напряжений, соответственно равных R_{ai} и $0,8\,R_{ai}$; значения ξ_{Ri} и ξ_{yi} определяются по формуле

$$\xi_{Ri\,(yi)} = \frac{\xi_0}{1 + \frac{\sigma_{Ai}}{600}\left(1 - \frac{\xi_0}{1,1}\right)}, \qquad (7)$$

где $\sigma_{Ai} = R_{ai} + 400 - \sigma_{oi}$ (МПа) при определении ξ_{Ri},

$\sigma_{Ai} = 0,8\,R_{ai} - \sigma_{oi}$ (МПа) при определении ξ_{yi}

10.4. Расчет на действие поперечной силы не производится, если соблюдается условие

$$Q \leq 0,4\,R_p\,b\,h_0 \qquad (8)$$

10.5. Величина $Q_{бп}$ для изгибаемых и внецентренно сжатых элементов определяется по формуле

$$Q_{бп} = \frac{1,5\,R_p\,b\,h_0^2}{C}, \qquad (9)$$

где C – длина проекции наклонного сечения на продольную ось элемента;

b и h_0 – принимаются в пределах наклонного сечения.

10.6. Для изгибаемых и внецентренно-сжатых элементов постоянной высоты, армированных хомутами, длина проекции наклонного сечения на продольную ось элемента, отвечающая минимуму его несущей способности по поперечной силе (при отсутствии внешней нагрузки в пределах наклонного сечения) C_0 определяется по формуле

$$C_0 = \sqrt{\frac{1,5\,R_p\,b\,h_0^2}{q_x}}, \qquad (10)$$

а величина поперечной силы $Q_{xбп}$, воспринимаемой хомутами и бетоном в наклонном сечении с длиной проекции C_0, – по формуле

$$Q_{xбп} = 2\sqrt{1,5\,R_p\,b\,h_0^2\,q_x}, \qquad (11)$$

где q_x – усилие в хомутах на единицу длины элемента в пределах наклонного сечения.

10.7. Для хомутов, устанавливаемых по расчету в соответствии с формулами (10) и (11), должно удовлетворяться условие

$$\frac{R_{ax}\,F_x}{U} \geq \frac{R_p\,b}{2,5} \qquad (12)$$

Расстояние между хомутами U , между опорой и концом отгиба, ближайшего к опоре, U_1 , а также между концом предыдущего и началом последующего отгиба, U_2 , должно быть не более величины

$$U_{макс} = \frac{R_р b h_0^2}{Q} . \qquad (13)$$

10.8. Расчет изгибаемых элементов без поперечной арматуры должен производиться из условия

$$Q \leq \frac{0,8 R_р b h_0^2}{C} ,$$

в котором правая часть неравенства принимается: не менее $0,4 R_р b h_0$ и не более $2 R_р b h_0$.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
I. Общие положения	4
2. Требования к бетонным конструкциям и изделиям, предназначенным для пропитки полимеризующимися материалами	6
3. Пропиточные материалы	7
4. Сушка бетонных изделий	I0
5. Пропитка бетонных изделий	II
6. Полимеризация пропиточного состава в поровом пространстве бетона	I4
7. Контроль прочности бетонополимера	I5
8. Основные правила безопасного ведения технологического процесса	I5
9. Проектирование армированных конструкций из бетонополимеров	I7
I0. Расчет армированных и неармированных конструкций из бетонополимеров по предельным состояниям первой группы	2I

НИИЖБ Госстроя СССР

Рекомендации по расчету и изготовлению конструкций из бетонополимеров

Отдел научно-технической информации
I09389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6

Редактор В.М.Рогинская

Л- 45298 Подписано к печати 30/VII-80 г. Заказ № 1293
Бумага 60x84 I/I6 I,3 печ.л. Тираж 500 экз. Цена I3 коп.

ПЭМ ВНИИИСа Госстроя СССР

gost.e-ecolog.ru