НИИЖБ ГОССТРОЯ СССР

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПОДБОРУ СОСТАВОВ П-БЕТОНОВ

МОСКВА-1987

gost.e-ecolog.ru

Госстрой СССР

Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
бетона и железобетона
(НИИЖБ)

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДБОРУ СОСТАВОВ П-БЕТОНОВ

Утверждены
директором НИИЖБ
28 ноября 1986 г.

Москва 1987

УДК 666.972.31

Печатаются по решению секции № 4 коррозии и спецбетонов Н Т С НИИЖБ Госстроя СССР от 6 ноября 1986 г.

Рекомендации по подбору составов П-бетонов. М., НИИЖБ Госстроя СССР, 1987, с.28.

Рекомендации содержат основные положения по выбору материалов и подбору составов П-бетонов различных марок, вида и назначения, включая химстойкие, диэлектрические и электропроводящие. Изложены требования к материалам для приготовления П-бетонов, исходные данные для расчета и подбора их составов. Приведена методика расчета начальных составов полимербетонов. Дана терминология и классификация П-бетонов.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников строительных лабораторий и научно-исследовательских организаций.

Табл.10, илл.5.

© Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт бетона и железобетона, 1987

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Рекомендации составлены в развитие ГОСТ 27006-86.

В Рекомендациях приведены три метода (в том числе ускоренный метод), позволяющие решать задачу подбора рационального состава П-бетона сборных конструкций заводского изготовления или для монолитного строительства.

Использование одного из предложенных методов позволяет подобрать начальный состав бетона для испытаний его с последующей корректировкой по требуемым параметрам.

Настоящие Рекомендации разработаны НИИЖБ Госстроя СССР (д-р техн. наук, проф. В.В.Патуроев, кандидаты техн.наук А.Н.Волгушев, Г.К.Соловьев, инж. В.А.Елфимов) при участии КТБ НИИЖБ (инж.М.В.Патуроев), Гипроцветмета Минцветмета СССР (инж.А.М.Фанталов), СУС Норильского ГМК Минцветмета СССР (инженеры Н.В.Еткин, Р.Г.Халиков), ЦНИИЭПсельстроя Госагропрома СССР (инж.В.А.Еремина).

Замечания и предложения 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 конструкционные тяжелые и легкие полимербетоны и полимерсерные бетоны и устанавливают правила подбора, назначения и выдачи в производство составов этих бетонов на предприятиях и строительных организациях при изготовлении сборных конструкций и бетонной смеси для монолитных конструкций и сооружений.

I.2. По своему назначению полимербетонные и полимерсерные изделия и конструкции делятся на две основные группы: к первой группе относятся не несущие защитные, ограждающие или декоративно-отделочные (химические стойкие полы, футеровки, декоративно-отделочные плиты и т.п.), ко второй - несущие химически стойкие, электропроводящие, с высокими диэлектрическими характеристиками и т.п. (т р у б ы, лотки, емкости, фундаментные блоки, балки, колонны и др.).

Проектирование оптимальных составов этих двух групп имеет принципиальное различие, обусловленное их назначением и заданными свойствами.

I.3. При проектировании составов бетонов, относящихся к первой группе, необходимо выбирать связующие, которые обладают помимо заданных свойств повышенной эластичностью. Если эластичность связующего оказывается недостаточной, то в связующее вводят различные пластификаторы.

I.4. Проектирование составов бетонов второй группы для несущих конструкций требует учета многих факторов, главными из которых являются следующие:

в зависимости от вида агрессивной среды, действующей на конструкции в процессе эксплуатации, определяется химическая природа синтетического связующего. Бетоны, получаемые на выбранном связующем, должны обладать максимально возможной прочностью и жесткостью;

наполнители и заполнители для таких бетонов должны обладать необходимой прочностью, химической стойкостью, а для электропроводящих бетонов - соответствующим электросопротивлением;

высокая жесткость полимербетонов и полимерсерных бетонов обусловливает возникновение в таких композициях значительных усадочных напряжений, которые в некоторых случаях могут быть соизмеримы с прочностью материала. Для снижения внутренних напряжений в состав связующего рекомендуется вводить поверхностно-активные вещества (ПАВ) в количестве 0,5-I,0 % массы связующего;

непременным условием проектирования составов должна быть экономическая целесообразность и эффективность применения таких конструкций;

1.5. Рекомендации устанавливают порядок выбора материала (составляющих) для полимербетонов и полимерсерных бетонов и методы подбора их составов различного назначения и марок по прочности на сжатие с использованием различного вида связующих, применяемых для изготовления сборных конструкций или укладки монолитного бетона.

2. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ П-БЕТОНОВ

Смолы, отвердители и пластификаторы

2.1. Для приготовления полимербетонов следует применять следующие синтетические смолы:

фурфурол-ацетоновую смолу ФАМ или ФА (ТУ 59-02-039.07-79);

ненасыщенную полиэфирную смолу ПН-1 или ПН-63 (ОСТ 6-05-431-78);

карбамидноформальдегидную смолу КФ-Ж (ГОСТ 14231-78*);

фурано-эпоксидную смолу ФАЭД-20 (ТУ 59-02-039.13-78);

эфир метиловый метакриловой кислоты (мономер метилметакрилат) ММА (ГОСТ 20370-74*Е).

2.2. В качестве отвердителей для синтетических смол рекомендуется использовать:

для фурфурол-ацетоновых смол ФАМ и ФА - бензолсульфокислоту БСК (ТУ 6-14-25-74);

для полиэфирных смол ПН-1 и ПН-63 - систему, состоящую из гидроперекиси изопропилбензола ГП (ТУ 38-10293-75) и стирольного раствора нафтената кобальта НК (ТУ 6-05-1075-76);

для карбамидноформальдегидной КФ-Ж - солянокислый анилин С К А (ГОСТ 5822-78);

для фурано-эпоксидной смолы ФАЭД-20 - полиэтиленполиамин ПЭПА (ТУ 6-02-594-80Е);

для метилметакрилата ММА - систему, состоящую из технического диметиланилина ДМА (ГОСТ 2168-83) и перекиси бензоила ПБ (ГОСТ 14888-78*).

2.3. Для снижения летучести метилметакрилата следует применять нефтяной парафин (ГОСТ 23683-79*).

2.4. Для стабилизации протекания реакция отверждения метилметакрилата следует применять эмульсионный полистирол (ГОСТ 20282-74*).

2.5. В качестве пластифицирующих добавок рекомендуется применять:

катапин (ТУ 6-01-1094-77);

алкамон (ОС-2 (ГОСТ 10106-75*);

меламино-формальдегидную смолу К-421-02 (ТУ 6-10-1022-78);

сульфированные нафталинформальдегидные соединения - пластификатор С-3 (ТУ 6-14-10-205-78).

2,6. Хранение материалов, перечисленных в пп. 2.1-2.5 настоящих Рекомендаций, производится в соответствии с требованиями ГОСТ и ТУ. Перед применением необходимо провести проверку на соответствие продуктов требованиям ГОСТ и ТУ.

Требования к заполнителям

2.7. В качестве крупного заполнителя для тяжелых П-бетонов могут применяться щебень из естественного камня или щебень (дробленый) из гравия, отвечающие требованиям ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82 и требованиям "Инструкции по технологии приготовления полимербетонов и изделий из них" СН 525-80 (М., Стройиздат, 1981).

Применение щебня из осадочных горных пород для полимербетонов, отверждаемых кислыми отвердителями, не допускается.

В качестве крупных пористых заполнителей для П-бетонов следует применять керамзитовый, шунгизитовый гравий и аглопоритовый щебень, соответствующие требованиям ГОСТ 9759-83, ГОСТ 19345-83, ГОСТ 11991-83 и Инструкции СН 525-80.

2.8. Для приготовления тяжелых П-бетонов высокой плотности следует применять щебень фракций, указанных в табл.1.

Таблица 1

Наибольшая крупность щебня, мм	Соотношение между фракциями, %, при размере фракций, мм			
	5-10	10-20	20-40	40-60
10	100	-	-	-
20	35	65	-	-
40	45-60	-	40-55	-
60	25-35	-	25-35	30-50

Примечание. При необходимости зерновой состав смеси крупного заполнителя уточняется экспериментально по ее наибольшей средней плотности с учетом местных технико-экономических возможностей.

Зерновой состав каждой фракции должен отвечать требованиям ГОСТ 10268-80. При этом наибольший диаметр рекомендуется выбирать в соответствии с табл.2.

Таблица 2

Вид конструкции и способ укладки бетонной смеси	Допустимая наибольшая крупность щебня, не более
Плиты покрытий, перекрытий	1/3 толщины плиты
Балки, колонны, рамы	3/4 наименьшего расстояния между стержнями арматуры
Ванны электролиза цветных металлов, травильные ванны	1/6 толщины стенок ванны
Подача полимербетонной смеси по хоботу	1/4 диаметра хобота

2.9. Для приготовления П-бетонов на пористых заполнителях следует применять крупный пористый заполнитель с максимальной крупностью 20 мм, который рекомендуется разделять в зависимости от размера зерен на две фракции (5-10 и 10-20 мм). Зерновой состав каждой фракции должен отвечать требованиям ГОСТ 9759-83.

2.10. Для приготовления П-бетонов в качестве мелкого заполнителя следует применять кварцевые пески, отвечающие требованиям ГОСТ 8736-77* и Инструкции СН-525-80:

природные (в естественном состоянии), природные фракционированные и природные обогащенные;

дробленые и дробленые фракционированные.

Зерновой состав мелкого заполнителя должен соответствовать кривой просеивания, приведенной в ГОСТ 10268-80. Модуль крупности песка должен быть в пределах от 2 до 3.

2.11. Содержание в природных и дробленых песках зерен, проходящих через сито № 014, не должно превышать 2 %, а пылевидных, илистых и глинистых частиц, определяемых отмучиванием - 0,5 %.

2.12. Испытание тяжелых крупных заполнителей следует производить по ГОСТ 9758-77, а песка - по ГОСТ 8735-75.

2.13. Крупные и мелкие заполнители должны быть сухими - влажность не более 0,5 %.

2.14. В полимербетонных составах, отверждаемых кислыми отвердителями, не допускается загрязнение заполнителей карбонатами (мел, мрамор, известняк), основаниями (известь, цемент) и металлической пылью (стальной, цинковой).

Требования к наполнителям

2.15. Для приготовления П-бетонов в качестве наполнителей следует применять андезитовую муку (ТУ 6-12-101-77), кварцевую муку (ГОСТ 9077-82), маршалит (ГОСТ 8736-77*), диабазовую муку, графитовый порошок (ГОСТ 8295-73*).

Примечание. Допускается применение молотых тяжелого и аглопоритового щебня и кварцевого песка.

2.16. Удельная поверхность наполнителей, перечисленных в п.2.15 настоящих Рекомендаций, определенная по ГОСТ 310.2-76*, должна быть в пределах от 2500 до 3000 $см^2/г$.

2.17. В качестве водосвязующей добавки при приготовлении полимербетонов КФ-Ж используется полуводный строительный гипс (ГОСТ 125-79) или фосфогипс.

2.18. Влажность наполнителей, перечисленных в п.2.15 настоящих Рекомендаций, должна быть не более 1 %.

2.19. Кислотостойкость песка и наполнителей для кислотостойких полимербетонов, определяемая по ГОСТ 473.1-81, должна быть не ниже 97-98 %.

Сера и модифицирующие добавки

2.20. Для приготовления полимерсерных бетонов применяется комковая природная или газовая техническая сера (ГОСТ 127-76*), модифицированная соответствующими добавками - пластификаторами, стабилизаторами, антипиренами, антисептиками. Основные требования, предъявляемые к добавкам-модификаторам: термическая совместимость с расплавленной серой, недефицитность, нетоксичность и низкая летучесть.

2.21. Введение в расплавленную серу активных минеральных наполнителей с удельной поверхностью 2500-3000 $см^2/г$ обусловливает образование мелкокристаллической структуры серы в серной мастике по сравнению с крупнокристаллической структурой свободной серы. При оптимальной степени наполнения образуется наиболее плотная и прочная структура серной мастики (рис.1).

2.22. С целью повышения пластичности и стабилизации структурного состояния серы в состав серных композиций рекомендуется вводить следующие модифицирующие добавки: жидкие тиоколы (ГОСТ 12812-80*), дициклопентадиен (ТУ 14-6-137-77), хлорпарафин ХП-1100 (ТУ 6-01-597-76) и др., в количестве от 1 до 3 % массы серы. Перечисленные модификаторы являются одновременно пластификаторами и стабилизаторами

серной композиции.

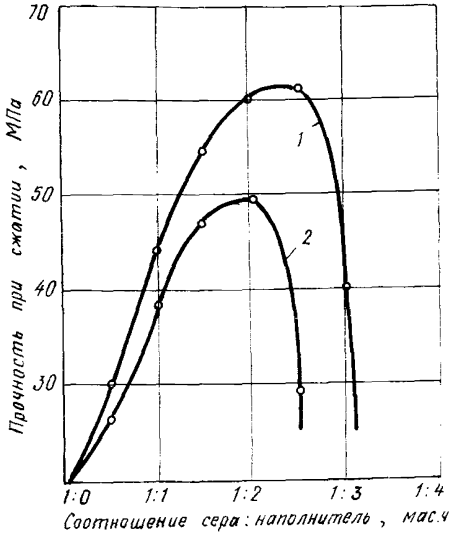

Рис.1. Изменение прочности при сжатии серных мастик в зависимости от степени наполнения

1 - данные НИИЖБ; 2 - данные Львовского Политехнического института

2.23. Для конструкций, эксплуатируемых в условиях повышенной пожароопасности, в состав серных композиций следует вводить антипирены: полуторный сульфид мышьяка, пятихлористый фосфор, полифторсодержащие фосфиты, хлорпарафин ХП-1100 в количестве 2-3 %. Для конструкций, эксплуатируемых в условиях возможного появления тионовых бактерий, вводят антисептики: нафталин (ТУ 6-09-1295-71), тимол (ТУ 6-09-3736-74) и др. в количестве 2-3 % массы серы.

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТА И ПОДБОРА СОСТАВОВ П-БЕТОНОВ

3.1. Задание на подбор состава П-бетона должно соответствовать требованиям разд.2 ГОСТ 27006-86 и дополнительно содержать следующие данные:

а) проектную марку бетона к определенному возрасту, требуемую долю марочной прочности к заданному сроку (распалубочную, передаточную прочности), а также характеристики по морозостойкости, истираемости, коррозионной стойкости и электрическим параметрам с указанием срока их достижения;

б) подвижность (см) или жесткость (с), определяемые по ГОСТ 10181.1-81;

в) вид и марку связующего;

г) вид и наибольшую крупность заполнителя, число и размеры фракций, на которые должны разделяться заполнитель при приготовлении составов П-бетонов.

3.2. Наибольшая крупность заполнителей в зависимости от видов бетонируемых элементов и способов подачи смеси к месту укладки назначается по табл.2.

3.3. Соотношение фракций крупного заполнителя в смеси принимается по табл.1.

3.4. Для приготовления электропроводящих полимербетонов используют коксовый или графитовый щебень. При изготовлении измерительных плит, базовых деталей в станкостроении рекомендуется высокопрочный гранитный и базальтовый щебень ($R_{сж}$ до 200 МПа) или щебень из габбро-диабаза ($R_{сж}$ до 300 МПа).

3.5. Подвижность и жесткость бетонной смеси устанавливаются по табл.3 и уточняются на производстве (в зависимости от характера и размеров конструкции, степени армирования, способа уплотнения смеси).

Таблица 3

Вид конструкции из П-бетона	Способ укладки смеси		
	с вибрацией		без вибрации
	ОК, см	жесткость, с, по ГОСТ 10181.1-81	ОК, см
Сборные плиты, балки, колонны	4-8	4 и менее	6-12
Конструкции с нормально расположенной арматурой	8-10	Менее 2	12-15
Ванны электролиза цветных металлов, травильные ванны	12-18	-	-
Конструкции, сильно насыщенные арматурой и закладными деталями	16-22	-	-

4. ПОДБОР НОМИНАЛЬНЫХ СОСТАВОВ П-БЕТОНОВ

4.1. Подбор номинальных составов П-бетонов производят по следующим этапам:

выбор и определение характеристик исходных материалов для бетона;

подбор начального состава расчетно-экспериментальным способом;

расчет дополнительных составов П-бетонов, отличающихся от начального состава по дозировке составляющих (в большую или меньшую сторону);

испытание образцов и обработка полученных результатов с установлением зависимостей, отражающих влияние параметров состава на нормируемые показатели качества бетонной смеси и бетона и предназначенных для назначения номинального, а также назначения и корректировки рабочих составов бетона;

назначение номинального состава П-бетона, обеспечивающего получение бетонной смеси и бетона требуемого качества при минимальном расходе связующего.

4.2. Подбор номинального состава П-бетона производится согласно требованиям разд.3 ГОСТ 27006-86 с учетом указаний настоящих Рекомендаций.

4.3. Приготовление опытных замесов производят в лабораторном смесителе принудительного действия, снабженном подогревом (для полимерсерных бетонов). Приготовление опытных замесов объемом до 15 л допускается производить вручную на противне.

4.4. Приготовление опытных замесов полимербетонов начинают с перемешивания сухих материалов, а затем постепенно добавляют в замес назначенное количество связующего и перемешивают до получения однородной массы. В последнюю очередь добавляют необходимое количество отвердителя.

Приготовление опытных замесов полимерсерных бетонов начинают с подогрева серы и заранее перемешанных сухих материалов до температуры 150 °С, а затем постепенно добавляют в замес назначенное количество расплавленной серы.

Расчетно-экспериментальный способ определения начальных составов П-бетонов

4.5. Назначение начальных составов П-бетонов производят в следующем порядке:

а) по экспериментальным данным определяют оптимальную степень наполнения связующего (мономера или олигомера) мелкодисперсной фракцией наполнителя. Критерий оптимальности наполнения характеризуется максимальной прочностью образцов, изготовленных из заданного вида мастики (рис.2);

б) расчетным путем определяют среднюю приведенную толщину поли-

мерной или серной клеящей пленки;

в) расчетным путем определяют оптимальное соотношение между заполнителями и их количество;

г) экспериментально-расчетным путем определяют удельную поверхность заполнителей;

д) расчетным путем определяют количество связующего для П-бетонов известного гранулометрического состава.

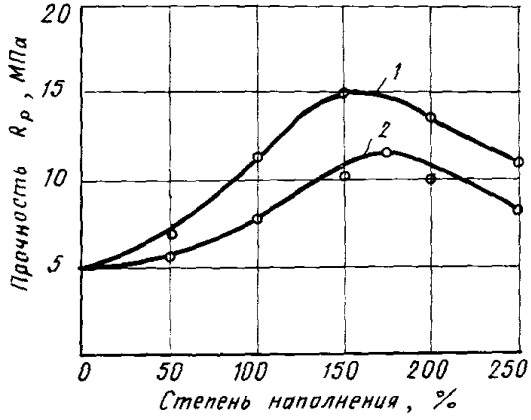

Рис.2. Изменение прочности на сжатие полимерных мастик ФАМ в зависимости от вида наполнителя и степени наполнения

I - с андезитом; 2 - с графитом

В зависимости от степени наполнения связующего минеральными наполнителями определяют среднеприведенную толщину пленки связующего (рис.I и 2).

Для полимербетонов

$$\delta = \frac{m_{св} \cdot \eta_{усл}}{S_н \cdot m_н \cdot \rho_{св}}, \quad (I)$$

для полимерсерных бетонов

$$\delta = \frac{m_{св}}{S_н \cdot m_н \cdot \rho_{св}}, \quad (2)$$

где δ - толщина пленки связующего, см; $m_{св}$ - масса связующего, г; $m_н$ - масса наполнителя, г; $S_н$ - удельная поверхность наполнителя, $см^2/г$; $\rho_{св}$ - плотность связующего, $г/см^3$; $\eta_{усл}$ - отношение фактической вязкости смолы к вязкости смолы, равной 20 с по ВЗ-4, принятой за эталон.

4.7. Расчет составов П-бетонов проводится с определения количества мономера, олигомера или серы для оптимального состава мастики, кг.

Для полимерных мастик

$$m_{св} = (S_н \cdot m_н \cdot \rho_{св} \cdot \delta \cdot \eta_{усл}) \cdot 10^{-3}; \quad (3)$$

для полимерсерных мастик

$$m_{св} = (S_н \cdot m_н \cdot \rho_{св} \cdot \delta) \cdot 10^{-3} , \quad (4)$$

где $S_н$ – удельная поверхность наполнителя, $см^2/кг$; $m_н$ – масса наполнителя, кг; $\rho_{св}$ – плотность серного связующего, $кг/дм^3$.

Расчеты, подтвержденные экспериментально, показывают, что оптимальное соотношение наполнитель:связующее ($m_н : m_{св}$) находится в следующих пределах:

для мастик на основе эпоксидной смолы ЭД-20	I,0–I,5
то же, фурановой смолы ФАМ	I,5–2,0
" ФАЭД	2,0–2,5
" метилметакрилата ММА	3,0–3,5

4.8. Для известного гранулометрического состава сухой смеси заполнителей оптимальное количество связующего, кг, определяется следующим образом.

Для полимербетонов

$$M_{пб} = [K(S_1 m_1 + S_2 m_2 + S_3 m_3)\rho_{св}\delta\eta_{усл}] \cdot 10^{-3} , \quad (5)$$

для полимерсерных бетонов

$$M_{псб} = [K(S_1 m_1 + S_2 m_2 + S_3 m)\rho_{св}\delta] \cdot 10^{-3} , \quad (6)$$

где S_1, S_2 и S_3 – удельная поверхность заполнителей различных фракций (щебень крупный, щебень мелкий, песок), $см^2/кг$; m_1, m_2 и m_3 – масса заполнителей различных фракций, кг; K – коэффициент, учитывающий увеличение количества связующего, необходимое для раздвижки зерен заполнителя мастикой. К = I,05.

4.9. Удельная поверхность наполнителей определяется по ГОСТ 310.3-76.

Удельную поверхность заполнителей (песка, щебня), с достаточной для практических целей точностью, можно вычислить по ситовому анализу:

$$S_{уд.п} = 0,06\left(a_1\frac{q_1K_1}{\rho_{п_1}} + a_2\frac{q_2K_2}{\rho_{п_2}} + a_3\frac{q_3K_3}{\rho_{п_3}} + a_4\frac{q_4K_4}{\rho_{п_4}} + a_5\frac{q_5K_5}{\rho_{п_5}}\right) , \quad (7)$$

$$S_{уд.щ} = 0,06\left(a_1\frac{q_1K_1}{\rho_{п_1}} + a_2\frac{q_2K_2}{\rho_{щ_2}} + a_3\frac{q_3K_3}{\rho_{щ_3}} + a_4\frac{q_4K_4}{\rho_{щ_4}} + a_5\frac{q_5K_5}{\rho_{щ_5}}\right) , \quad (8)$$

где $S_{уд.п}$ и $S_{уд.щ}$ – удельная поверхность песка и щебня соответст-

венно, $см^2/кг$; a – коэффициент пустотности заполнителей; $q_1, \ldots, q_5$ – остаток заполнителя, г, (при навеске I кг) на ситах с отверстиями соответственно 2,5; I,2; 0,6; 0,3; 0,I5 мм – для песка и на ситах с отверстиями соответственно 5; I0; 20; 30; 40 мм – для щебня; $\rho_п$ и $\rho_щ$ – удельная плотность песка и щебня, соответственно, $кг/дм^3$; $K_1, \ldots, K_5$ – коэффициенты геометрической формы заполнителя.

Значения коэффициентов "а" и "К" принимаются по таблицам: а – по табл.4; К – по табл.5.

Удельная поверхность наиболее распространенных наполнителей и заполнителей приведена в табл.6.

4.I0. При проектировании и расчете начальных составов П-бетонов гранулометрический состав сухой смеси заполнителей обычно неизвестен и подлежит определению.

Исходя из условий получения П-бетонов с минимальной пористостью прочностью и достаточно хорошей удобоукладываемостью при наименьшем расходе связующего, выбор составов сухой смеси производится по методу полупрерывистой гранулометрии.

Примечание. Сущность полупрерывистой гранулометрии заключается в том, что наполнитель (минеральная мука) и песок имеют естественную непрерывную гранулометрию, а щебень строго фракционируется в соответствии с теорией плотной упаковки.

4.II. Для получения плотного и достаточно пластичного П-бетона необходимо, чтобы полимерная мастика заполнила все пустоты между зернами песка и щебня и раздвинула их на величину, равную оптимальной толщине связующего. При этом одна массовая часть мастики может заполнить пустотность следующего количества песка:

$$M_п = \rho_п \frac{\frac{1}{\rho_н} - \frac{m_{см}}{m_н}}{V_0 + d} = (I,3 \ldots I,4) \frac{0,375+0,4}{0,4+0,5} = I,I2 \ldots I,20, \qquad (9)$$

где $M_п$ – расчетное количество песка, кг; $\rho_п$ – средняя плотность песка, кг/л, $\rho_п$ = I,3–I,4 кг/л; $\rho_н$ – удельная плотность наполнителя (муки), кг/л; $m_{см}$ – масса смолы или серы, кг; $m_н$ – масса наполнителя, кг; V_0 – объем пустот в песке, л; V_0 = 0,4 л; d – коэффициент удобоукладываемости, равный 0,5.

Таблица 4

Вид заполнителя	Значение коэффициента a при стандартном наборе сит				
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5
Кварцевый песок	2,70	5,40	11,00	22,30	44,50
Щебень	1,33	0,67	0,40	0,29	0,20

Таблица 5

Вид заполнителя	Значение коэффициента K при размерах зернового состава заполнителя, мм									
	Песок					Щебень или гравий				
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5
	2,5–5	1,2–2,5	0,6–1,2	0,3–0,6	0,3–0,15	5–10	10–20	20–30	30–40	40–50
Кварцевый песок (речной)	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15	–	–	–	–	–
Щебень из базальта, гранита и других горных пород	–	–	–	–	–	1,80	1,85	1,85	1,85	1,85
Гравий речной	–	–	–	–	–	1,43	1,50	1,55	1,60	1,60

Таблица 6

Вид заполнителя и наполнителя	Размер фракций, мм												
	40–20			20–10			10–5			3–0,15		мука	
	удельная		пористость	удельная		пористость	удельная		пористость	удельная		удельная	
	плотность, г/см³	поверхность, см²/г	%	плотность, г/см³	поверхность, см²/г	%	плотность, г/см³	поверхность, см²/г	%	плотность, г/см³	поверхность, см²/г	плотность, г/см³	поверхность, см²/г
Гранитный щебень	2,65	1,35	0,90	2,67	2,70	0,85	2,67	5,40	0,83	–	–	–	–
Базальтовый щебень	2,67	1,40	3,70	2,64	2,72	3,40	2,64	5,43	3,40	–	–	–	–
Известняковый щебень	2,60	1,41	1,27	2,60	2,82	1,20	2,60	5,40	1,20	–	–	–	–
Гравий речной	2,60	1,16	1,64	2,60	2,31	1,60	2,60	4,38	1,52	–	–	–	–
Песок кварцевый	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,65	140	–	–
Андезитовая мука	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,60–2,70	2100–3300
Кварцевая мука	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,50–2,65	2500–3200
Графитовая мука	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	2,30–2,60	3800

4.I2. Таким образом, для получения плотного П-бетона с двумя фракциями щебня (расчетная пустотность 42,4 %) одна массовая часть мастики и I,I2...I,2 массовых частей песка должны заполнить 42,4 % пустот образованных щебнем. Пересчитав полученные значения в процентах, получим, что для заполнения 42,4 % образованных щебнем пустот мастики требуется 20 %, а песка 22,4 %. В окончательном в и д е средние значения составов тяжелых П-бетонов (ρ = 2300-2400 кг/м^3) на основе полиэфирных и фурановых смол приведены в табл.7.

Таблица 7

Составляющие	Содержание, %	
	ФАМ	ПН
Щебень гранитный, D_1	50-5I	50-5I
То же, D_2	3,0-3,5	3,0-3,5
Песок кварцевый	22-23	22-23
Наполнитель	I2-I2,5	I2-I2,5
Фурфуролацетоновая смола (ФАМ)	8-9	-
Бензолсульфокислота (БСК)	I,5	-
Кремнефтористый натрий	I,5-2,0 от массы смолы	-
Полиэфирная смола ПН-I	-	8-9
Гипериз	-	4 от массы смолы
Нафтенат кобальта	-	8 от массы смолы

4.I3. Для различных месторождений и способов переработки характерны специфическая геометрическая форма и определенная удельная поверхность зерен песка и щебня. Кроме того, необходимо учитывать влияние краевого эффекта, так как в отличие от геометрической модели с бесконечной укладкой шаров реальные конструкции имеют определенные размеры. В этом случае вокруг зерен заполнителя, граничащих с плоскостью формы или оснастки, группируется меньшее число зерен, эквивалентных соответствующим пустотам, или размеры этих пустот отличаются от размеров пустот в объеме изделия. Поэтому составы сухих смесей заполнителей, полученные расчетным путем в производственных условиях должны уточняться в каждом конкретном случае.

4.I4. Для уточнения оптимального состава заполнителей по наибольшей плотности в сухом состоянии рекомендуется использовать при-

бор, схема которого представлена на рис.3.

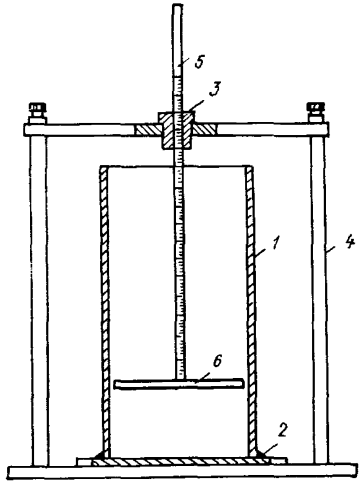

Рис.3. Схема прибора для подбора наиболее плотной смеси фракций заполнителей

I - съемный цилиндр диаметром I60 и высотой 400 мм; 2 - основание цилиндра; 3 - направляющая втулка; 4 - стойки; 5 - свободно перемещающийся шток; 6 - диск, жестко закрепленный к штоку

В съемный цилиндр прибора насыпаются определенные объемы щебня двух фракций, которые смешиваются и виброуплотняются.

По разности между суммой объемов до смешивания и объемов, полученных после смешивания и виброуплотнения, строится график измене - ния плотности сухой смеси (рис.4.).

Максимальная плотность смеси соответствует наиболее плотной упаковке двух фракций. Принимая за постоянное значение массу смеси двух ранее взятых фракций, к ней добавляют массу третьей (более мелкой фракции) и определяют максимальную массу. Таким образом,можно последовательно осуществить подбор сухого состава заполнителей с любым количеством фракций.

Примечания. 1. Прибор струбцинами крепится к плите лабораторного вибростола.

2. При внутреннем диаметре цилиндра I60 мм максимальный размер щебня не должен превышать 50 мм.

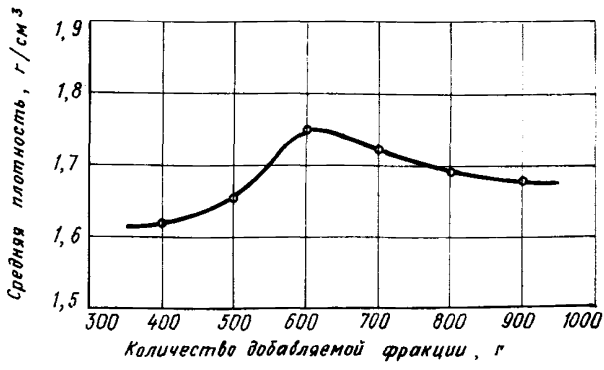

Рис.4. Изменение средней плотности сухой смеси щебня крупной фракции в зависимости от количества щебня более мелкой фракции

5. КОРРЕКТИРОВКА НОМИНАЛЬНЫХ СОСТАВОВ П-БЕТОНОВ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ И УСАДОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

5.I. При отверждении термореактивных синтетических смол за счет экзотермических реакций полимеризации или поликонденсации общее количество выделяемого тепла составляет от 250 до 590 кдж/кг. Ненаполненные полиэфирные, фурфуролацетоновые, и многие другие синтетические смолы и мономеры не могут быть отверждены в значительных объемах, так как в процессе полимеризации или поликонденсации они разогреваются до 250-300 °С. При такой температуре может наступить термическая деструкция полимера и появляются большие температурные напряжения, которые полностью разрушают изделие.

5.2. Перед организацией выпуска новых изделий для каждой конкретной конструкции необходимо рассчитать максимальные температурные напряжения и сравнить их с временным сопротивлением полимербетона растяжению.

$$\sigma_t = \frac{(\alpha \Delta t_{мак} - \alpha_0 t_1)(E_{пб} - K t_{мак}) \cdot 10^3}{1 - \mu} \psi , \qquad (10)$$

где σ_t - температурные напряжения, МПа; $E_{пб}$ - модуль упругости полимербетона, МПа; K - коэффициент, равный 0,95 МПа/°С; t_1 и $t_{мак}$ - температура саморазогрева на поверхности и в центре се-

чения соответственно, ^{o}C; α - коэффициент температурных деформаций, $1/^{o}C$; μ - коэффициент Пуассона; ψ - коэффициент релаксации температурных напряжения, равный 0,6–0,7.

5.3. Если температурные напряжения окажутся выше допустимых, необходимо пересмотреть номинальный состав полимербетона и снизить количество связующего. Если по технологическими или другим условиям снизить количество связующего не представляется возможным, следует изменить геометрическую форму конструкции таким образом, чтобы улучшить теплообмен с окружающей средой. Весьма эффективным способом является образование конструктивных пустот или полостей, так как наличие пустот и более развитая поверхность конструкции обусловливают снижение общего объема полимербетона, укладываемого в форму, и улучшают теплообмен с окружающей средой.

5.4. Усадочные деформации, не проявляющиеся в процессе отверждения полимербетонов и полимерсерных бетонов, вызывают появление внутренних усадочных напряжений. При этом на поверхности конструкции развиваются напряжения сжатия, а в центре сечения – напряжения растяжения. Эти напряжения в ряде случаев могут привести к появлению усадочных трещин.

5.5. Максимальные усадочные напряжения армированных П-бетонов могут быть определены по формуле

$$\sigma_{ус} = \frac{y_{ост} E_{пб} A \Psi_1}{(1-\mu)(1+m) \cdot 10^3}, \qquad (11)$$

где $\sigma_{ус}$ - усадочные напряжения, МПа; $y_{ост}$ - величина остаточной, непроявившейся усадки П-бетона, мм/м, $y_{ост} = y_{мак} - y_{пр}$;
$y_{мак}$ - максимальная усадка ненаполненного связующего, мм/м;
$y_{пр}$ - проявившаяся усадка П-бетона, мм/м; $E_{пб}$ - модуль упругости П-бетона, МПа; A - величина упругих деформаций, мм/м, (0,3–0,4); μ - коэффициент Пуассона; Ψ_1 - коэффициент релаксации усадочных напряжений,(0,4–0,6); m - коэффициент приведения, определяемый по формуле

$$m = \frac{E_{пб} \cdot 10^2}{E_{ст} \nu},$$

где $E_{ст}$ - модуль упругости стали, МПа; ν - коэффициент армирования конструкции, %.

5.6. Для П-бетонных конструкций, работающих на растяжение и изгиб, усадочные напряжения наиболее опасны, так как в этом случае возможно наложение напряжений от внешних силовых нагрузок на усадочные напряжения и в материале могут появиться усадочные трещины.

Для снижения критических величин усадочных напряжений в состав полимербетонов необходимо вводить поверхностно-активные вещества (ПАВ) типа алкамона или октадециламина в количестве 1-2 %. Для полимерсерных бетонов следует использовать модификаторы типа хлорпарафина ХП-1100, тиокола или дициклопентадиена.

6. МЕТОДИКА РАСЧЕТА НАЧАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ПОЛИМЕРБЕТОНОВ С ФИКСИРОВАННЫМ ЩЕБЕНОЧНЫМ КАРКАСОМ

6.1. Технология формования с фиксированным щебеночным каркасом распространяется на мелкоразмерные детали прямоугольной формы типа плит, стоек, направляющих и т.п.

6.2. Эта технология позволяет совместить в единую операцию процессы приготовления смеси и ее формования.

6.3. Использование технологии формования с фиксированным щебеночным каркасом обеспечивает сокращение расхода связующего, снижение усадки, повышение стабильности геометрических размеров и прочностных характеристик.

6.4. Формование деталей из полимербетонов с фиксированным щебеночным каркасом производят в следующей последовательности:

укладка отдозированного количества щебня в форму и уплотнение его вибрированием в течение 2-3 мин;

фиксация уплотненного щебеночного каркаса перфорированной крышкой;

заполнение пустот в щебеночном каркасе полимерраствором.

6.5. Подбор начального состава полимербетона с фиксированным щебеночным каркасом осуществляют в следующей последовательности:

определение оптимального состава клеящей мастики и отношения наполнителя к мономеру или олигомеру ($m_н : m_{св}$);

подбор фракционного состава щебня и определение пустотности при укладке его в форму;

расчет состава растворной части полимербетона, исходя из пустотности щебеночного каркаса.

6.6. В соответствии с пунктом 4.7 настоящих Рекомендаций, по формуле (3) определяют количество мономера или олигомера для полу-

чения оптимального состава полимерной мастики с учетом коэффициента 0,6–0,7.

6.7. Пустотность щебеночного каркаса определяется по формуле

$$П_щ = 1 - (1 - П_о \rho) \cdot f \quad , \qquad (13)$$

где $П_о$ – пустотность щебня фракции 10–20 мм, определяется в емкости 10х10х10 см; f – эмпирический коэффициент, учитывающий уменьшение пустотности щебня за счет использования двухфракционного состава. В диапазоне

$$\frac{m_{5-10}}{m_{10-20}} = 0{,}2...0{,}7 \text{ значение } f = 1{,}02;$$

ρ – коэффициент, учитывающий изменение пустотности в зависимости от размеров формы детали.

$$\rho = 1 - \left(f_1 - \frac{l_{min}}{V_ф} \right) f_2 \qquad (14)$$

l_{min} – минимальный размер формы, м; $V_ф$ – объем формы, м^3; f_1, f_2 – эмпирические коэффициенты, равные f_1 = 0,01 1/м^2; f_2 = 7,65–7,7 м^2.

6.8. Расход щебня $М_щ$, т, на одну форму (деталь) определяется по формуле

$$М_щ = (1 - П_щ) V_ф \cdot \rho_щ \quad , \qquad (15)$$

где $П_щ$ – пустотность щебня, определенная по формуле (13); $V_ф$ – объем формы, детали, м^3; $\rho_щ$ – плотность щебня, т/м^3.

6.9. Количество полимеррастворa, т, для заполнения пустот щебеночного каркаса, определенных по п.6.5 настоящих Рекомендаций, находится в зависимости от $П_щ$. При этом количество песка $М_п$, т, в составе полимеррастворa определяется по формуле

$$М_п = V_ф \cdot П_щ \cdot \rho_п \cdot К_{з.п} \quad , \qquad (16)$$

где $\rho_п$ – плотность песка, т/м^3; $К_{з.п}$ – коэффициент заполнения пустот в щебеночном каркасе песком.

6.10. Значение $К_{з.п}$ зависит от формы зерен песка, вида связующего и отношения наибольших диаметров щебня и песка ($d_щ / d_п$), которое должно быть не менее 16. $К_{з.п}$ принимается по табл.8.

Таблица 8

$d_щ / d_п$	$K_{з.п}$			
	Дробленый песок		Речной песок	
	ММА	ФАЭД	ММА	ФАЭД
I6	0,530	0,387	0,630	0,460
32	0,570	0,4I5	0,680	0,490
64	0,580	0,430	0,700	0,500

6.II. Количество мастики $M_м$, т, определяется из выражения

$$M_м = П_щ \ (1 - K_{з.п}) \ V_ф \ \rho_м \quad , \qquad (I7)$$

где $\rho_м$ - плотность мастики, т/м^3.

6.I2. Оптимальное соотношение наполнитель:связующее ($m_н : m_{св}$) определенное в соответствии с п.4.7, находится в следующих пределах:

для полимербетона на ММА I,I-I,3

для полимербетона на ФАЭД 0,8-I,0

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА

А. Исходные материалы:

I. Щебень гранитный фракции 5-I0 мм, пустотность $П_щ$ = 0,4; плотность $\rho_щ$ = 2,6 т/м^3.
2. Песок дробленый гранитный; $d_щ / d_п$ = I6; размер зерен 0,3-0,6 мм; $\rho_п$ = 2,6 т/м^3.
3. Мука диабазовая, $\rho_н$ = 2,8 т/м^3.
4. Связующее - компаунд на ММА, $\rho_{св}$ = I т/м^3.

Количество щебня на I м^3 формы ($V_ф$ = I) определяем по формуле (I5):

$$M_щ = (1 - П_щ) \ V_ф \ \rho_щ = (1-0,4) \cdot 1,0 \cdot 2,6 = 1,56 \text{ т.}$$

Количество песка определяем по формуле (I6):

$$M_п = V_ф \cdot П_щ \cdot \rho_п \cdot K_{з.п} = 1 \cdot 0,4 \cdot 2,6 \cdot 0,53 = 0,55 \text{ т.}$$

Принимаем соотношение между количеством наполнителя и связующего равным I,3; плотность мастики $\rho_м$ = I,57 т/м^3.

Количество мастики находим по формуле (I7):

$$M_м = П_щ\,(1 - к_{з.п})\,V_ф\,\rho_м = 0{,}4.0{,}47.1.1{,}57 = 0{,}3 \text{ т.}$$

Количество связующего и наполнителя:

$$M_{св} = 0{,}3 \cdot \frac{1{,}3}{2{,}3} = 0{,}17 \text{ т;}$$

$$M_н = 0{,}3 \cdot \frac{1}{2{,}3} = 0{,}13 \text{ т.}$$

Расход составляющих на I м^3 полимербетона приведен в табл.9 и I0.

Таблица 9

Составляющие	Расход на I м^3 полимербетона		
	по массе		по объему
	кг	%	%
Щебень	I560	64,7	60
Песок	550	22,8	2I,2
Наполнитель	I70	7,I	6,0
Компаунд ММА	I30	5,4	I2,8

Таблица I0

Составляющие	Расход на I м^3 полимербетона		
	по массе		по объему
	кг	%	%
Щебень	I560	66,4	60
Песок	400	I7,0	I5,5
Наполнитель	I95	8,3	7,0
ФАЭД	I95	8,3	I7,5

Б. Исходные материалы - те же, что в А, кроме связующего.
Связующее - ФАЭД, $\rho_{св}$ = I,I26 т/м^3, $M_щ$ = I,56 т.

$$M_п = V_ф \cdot П_щ \cdot \rho_п \cdot к_{з.п} = 1.0{,}4.2{,}6.0{,}387 = 0{,}40 \text{ т.}$$

Соотношение $m_н : m_{св}$ принимаем равным I, $\rho_м$ = I,6I т/м^3.

$$M_м = П_щ(1 - к_{з.п})\,V_ф\rho_м = 0{,}4.0{,}6I3.1.1{,}6I = 0{,}39 \text{ т.}$$

$$M_{св} = M_н = \frac{0{,}39}{2} = 0{,}I95 \text{ т.}$$

Приложение

ТЕРМИНОЛОГИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ П-БЕТОНОВ

I. Из общей группы П-бетонов в настоящих Рекомендациях рассматриваются методы подбора составов только полимербетонов и полимерсерных бетонов (см. упрощенную схему рис.5).

2. Под полимербетонами понимаются бесцементные составы на основе синтетических смол (мономеров или олигомеров) с преимущественно кислотостойкими заполнителями и наполнителями различной дисперсности.

3. Полимербетоны и полимерсерные бетоны содержат в своем составе три фракции наполнителей и заполнителей: тонкодисперсные наполнители с размером частиц менее 0,I5 мм и удельной поверхностью 2500-3000 $см^2/г$, заполнители - песок с модулем крупности от 2 до 3 и щебень с размером зерен до 40 мм. В отличие от полимербетона полимеррастворы (мелкозернистый полимербетон) не содержит в своем составе щебня. Полимерные мастики содержат только одну тонкодисперсную фракцию наполнителя.

4. Полимербетоны и полимеррастворы классифицируются следующим образом: для неармированных материалов после наименования "полимербетон" указывается сокращенное название полимерного связующего и вид основного наполнителя. Для армированных материалов (армополи - мербетонов) перед названием указывается вид армирующего материала. Армирование полимербетонов и полимерсерных бетонов возможно стальной арматурой, рубленным стекловолокном и стеклопластиковой арматурой.

Например: полимербетон ФАМ на графите, сталеполимербетон ПН на андезите и т.п.

5. Под полимерсерными бетонами понимаются бесцементные составы, которые содержат наполнители и заполнители, аналогичные наполнителям и заполнителям для полимербетонов, а в качестве связующего - модифицированную серу.

6. В отличие от терминологии, принятой для силикатных материалов (вяжущее, твердение и т.п.), терминология применительно к П-бетонам включает следующие выражения:

связующее - представляет собой синтетическую смолу с отвердителями, ускорителями, а при необходимости - с пластификаторами, красителями и другими компонентами или модифицированную серу.

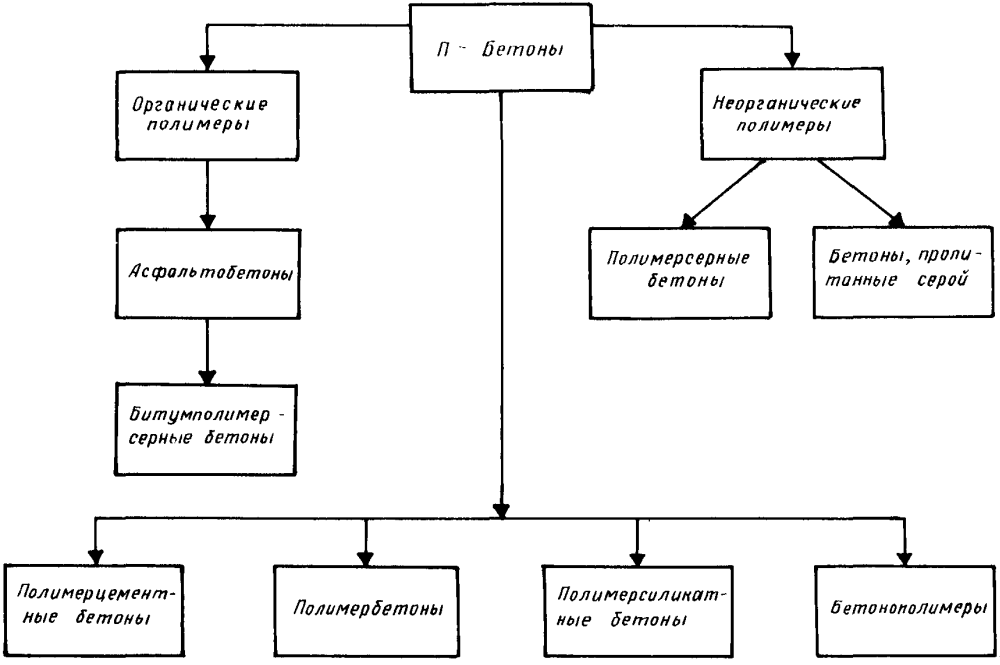

Рис.5. Схема классификации П-бетонов

отверждение - полимеризация или поликонденсация синтетического связующего. Применительно к полимерсерным бетонам, это остывание смеси до нормальной температуры и кристаллизации серы.

7. Полимербетоны и полимерсерные бетоны подразделяются по следующим признакам:

основному назначению;

виду связующего;

виду заполнителей и наполнителей.

8. В зависимости от вида нполнителей и заполнителей и их зернового состава плотность этих бетонов может изменяться в широких пределах: от 0,4 до 4,0 т/м^3. Поэтому основные свойства полимербетонов и полимерсерных бетонов характеризуются не только видом синтетического связующего, но и видом наполнителей и заполнителей. В "Реко - мендациях" рассматриваются тяжелые с плотностью 2,2-2,4 т/м^3 и легкие с плотностью I,2-I,8 т/м^3 П-бетоны.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3
I. Общие положения 4
2. Требования к материалам для приготовления П-бетонов 5
3. Исходные данные для расчета и подбора составов П-бетонов .. 9
4. Подбор номинальных составов П-бетонов I0
5. Корректировка номинальных составов П-бетонов с учетом влияния температурных и усадочных напряжений 19
6. Методика расчета начальных составов полимербетонов с фиксированным щебеночным каркасом 2I
Приложение. Терминология и классификация П-бетонов 25

НИИЖБ Госстроя СССР

Рекомендации по подбору составов П-бетонов

Научный редактор И.М.Дробященко

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

Редактор Т.А.Кириллова

Подписано в печать 28 ноября I986 Заказ №506
Формат 60x84/I6. Ротапринт. Усл.кр.-отт.I,7. Уч.-изд.л.I,7.
Т - 300 экз. Цена 26 коп.

Типография ПЭМ ВНИИИС Госстроя СССР
I2I47I Москва, Можайское шоссе, д.25

gost.e-ecolog.ru