МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕЛКИХ И ОЧЕНЬ МЕЛКИХ ПЕСКОВ В БЕТОНЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

Москва 1984

бложение юкций

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СОЮЗДОРНИИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕЛКИХ И ОЧЕНЬ МЕЛКИХ ПЕСКОВ В БЕТОНЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

Одобрены Главным техническим управлением
(решение ГТУ №373-4д
от 01.09.83)

Москва 1984

УДК 625.712.65:625.84:666.972.124

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕЛКИХ И ОЧЕНЬ МЕЛКИХ ПЕСКОВ В БЕТОНЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТ И Й АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ. Союздорнии. М., 1984.

Даны рекомендации по применению мелких и очень мелких песков в бетоне для покрытий автомобильных дорог и аэродромов, устраиваемых бетоноукладочными машинами со скользящими формами и на рельсовом ходу; приведены требования к материалам, бетонной смеси и бетону, а также особенности подбора состава бетонной смеси при применении мелких и очень мелких песков.

Показано, что широкое использование местных мелких и очень мелких песков при строительстве цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов позволит снизить стоимость строительства при обеспечении требуемого качества и долговечности покрытий, уменьшить объем привозных песков и высвободить транспорт для использования в народном хозяйстве на другие нужды.

Табл.4, рис.1.

© Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт, 1984

УДК 625.712.65:625.84:666.972.124

ПРЕДИСЛОВИЕ

Одним из путей снижения стоимости строительства является применение местных строительных материа - лов, в частности мелких и очень мелких песков.

Проведенными исследованиями и опытно-экспериментальными работами установлено, что при введении в бетонные смеси на мелких и очень мелких песках комплексной (пластифицирующей и воздухововлекающей или газообразующей) химической добавки могут быть получены бетоны заданной прочности и высокой морозостойкости без увеличения расхода цемента по сравнению с бетоном на средних песках.

Экономический эффект при строительстве только за счет сокращения транспортных расходов при примене - нии мелких и очень мелких песков взамен крупных и средних может составить ориентировочно от 1,1тыс.руб. до 6 тыс.руб. на 1 км покрытия.

"Методические рекомендации по применению мелких и очень мелких песков в бетоне для строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов" разработаны кандидатами технических наук В.И.Коршуновым, А.М.Шейниным, инж.Ю.Г.Ланге при участии канд.техн.наук Ю.Н.Высоцкого и инж.Г.Э.Бруга (Омский филиал Союздорнии).

При составлении "Методических рекомендаций" бы - ли использованы результаты исследований канд.техн.наук В.Е.Анисимова, инженеров С.Л.Нерубенко, В.В.Вахрушева, а также результаты исследований, выполненных в НИИЖБе кандидатами технических наук З.М.Ларионовой, Л.П.Курасовой, инж.Л.П.Моисеевой.

Замечания и предложения по данной работе просьба направлять по адресу: 143900, г.Балашиха-6 Московской обл., Союздорнии.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Настоящие "Методические рекомендации по применению мелких и очень мелких песков в бетоне для строительства цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов" предназначены для строительных организаций, осуществляющих внедрению бетонной смеси с использованием мелких и очень мелких песков, отсевов дробления и химических добавок при строительстве монолитных цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов в соответствии с комплексной научно-технической программой по автодорожному строительству на одиннадцатую пятилетку. Возможность пользования настоящими "Методическими рекомендациями" другими организациями, не включенными в программу по решению указанной научно-технической проблемы, в каждом конкретном случае согласовывается с Союздорнии.

1.2. При производстве работ с указанными бетонными смесями следует руководствоваться, кроме настоящих "Методических рекомендаций", указаниями ГОСТ 8424-72, СНиП III-40-78, СНиП III-46-79, "Инструкцией по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог" ВСН 139-80 (М.: ВПТИтрансстрой, 1980), "Руководством по организации и технологии строительства аэродромных цементобетонных покрытий"(Союздорнии. М., 1982).

1.3. Строительство покрытий и оснований из бетонной смеси на мелких и очень мелких песках может осуществляться высокопроизводительным комплектом машин типов ДС-100 и ДС-110, а также комплектом машин на рельсовом ходу.

1.4. При приготовлении бетонной смеси на мелких и очень мелких песках следует применять комплексные

химические добавки (пластифицирующую и воздухововлекающую или газообразующую) по ГОСТ 8424-72, например СДБ+СНВ или СДБ+ГКЖ-94. Пластифицирующий эффект при введении комплексной добавки СДБ+СНВ достигается благодаря пластифицирующему действию добавок и наличию диспергированного вовлеченного воздуха. Наряду с рекомендуемыми ГОСТ 8424-72 химическими добавками допускается использовать в качестве пластифицирующей добавки суперпластификатор С-3, а в качестве воздухововлекающей добавки - очищенное сульфатное мыло (ОСМ или ППФ). Другие виды добавок можно применять только по согласованию с Союздорнии.

1.5. Для получения требуемого объема вовлеченного воздуха при приготовлении бетонной смеси необходимо руководствоваться "Методическими рекомендациями по обеспечению воздухововлечения в бетонную смесь при строительстве цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов" (Союздорнии. М., 1983).

1.6. Мелкие и очень мелкие пески можно применять для приготовления дорожного бетона в смеси с укрупняющими добавками в виде дробленых песков, в том числе песков из отсевов дробления.

1.7. Следует учитывать, что бетонные смеси на мелких и очень мелких песках не расслаиваются в процессе технологической переработки, характеризуются высокой воздухоудерживающей способностью, легко отделываются. Покрытия из бетона на мелких и очень мелких песках отличаются большой устойчивостью кромок и боковых граней после прохождения скользящих форм. Структура бетона на мелких и очень мелких песках по сравнению со структурой бетона на крупных и средних песках характеризуется малыми размерами воздушных пор и более равномерным распределением их в растворной части бетона, а также плотными контактами раст-

вора с крупным заполнителем, более тонкими прослойками цементного камня между зернами песка. Указанные факторы способствуют повышению прочности бетона на растяжение при изгибе и его морозостойкости, особенно при температуре минус 50°С и действии антигололедных реагентов. По сравнению с равнопрочными по сжатию бетонами на средних и крупных песках бетоны на мелких и очень мелких песках обладают повышенными (на 5-10%) прочностью на растяжение при изгибе и деформативностью.

1.8. Покрытие из бетона на мелких и очень мелких песках имеет достаточно высокие эксплуатационные показатели (износостойкость и коэффициент сцепления), но они на 10-15% ниже, чем у покрытия из бетона на крупном песке. Однако это не может препятствовать применению мелких и очень мелких песков. В необходимых случаях повысить износостойкость и шероховатость цементобетонных покрытий можно, используя щебень с наименьшей крупностью зерен 3 мм; укрупняющие добавки в виде дробленых песков, в том числе из отсевов дробления, при возможности их отдельного дозирования или применяя щебень фракции 3(5)-10 мм взамен фракции 5-20 мм при наибольшей крупности зерен 40 мм.

1.9. Целесообразность применения местных мелких и очень мелких песков в сочетании с дробленными песками или без них в дорожном бетоне определяют на стадии технико-экономического обоснования проекта строительства автомобильной дороги (аэродрома) или при проектировании состава бетона путем сравнения вариантов с учетом конкретных условий строительства.

2. ТРЕБОВАНИЯ К МАТЕРИАЛАМ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ

2.1. Мелкие и очень мелкие пески для бетонной смеси должны удовлетворять требованиям ГОСТ 10268-80 со следующими изменениями:

содержание в мелких и очень мелких песках зерен, проходящих через сито с сеткой № 014, может составлять до 15% массы;

увеличение содержания в очень мелких песках зерен, проходящих через сито с сеткой № 014, до 20% массы допускается по согласованию с Союздорнии только для опытного строительства.

2.2. Песок дробленый, в том числе из отсевов дробления, должен соответствовать требованиям ГОСТ 8736-77.

2.3. При использовании в качестве укрупняющей добавки к природному песку дробленых песков, в том числе из отсевов дробления, модуль крупности $M_к$ смешанного песка должен быть 2-2,5.

Крупный заполнитель должен соответствовать требованиям ГОСТ 10268-80; допустимо применять щебень из смеси фракций 3(5)-10 и 20-40 мм.

2.4. Качество цемента должно соответствовать требованиям ТУ 21-20-32-83 Минпромстройматериалов.

2.5. Химические добавки должны удовлетворять требованиям нормативно-технических документов: СДБ-ОСТ 81-79-74, СНВ - ТУ 81-05-75-77 Минбумпрома, ППФ (мыло сульфатное облагороженное) - ТУ ОП 13-05-109-82 Минбумпрома, суперпластификатор С-3 - ТУ 6-14-625-80 Минхимпрома, ГКЖ-94 - ГОСТ 10834-76.

3. ТРЕБОВАНИЯ К БЕТОННОЙ СМЕСИ И БЕТОНУ

3.1. Нужно учитывать, что основной характеристи - кой удобоукладываемости бетонной смеси на мелких и очень мелких песках является показатель жесткости по техническому вискозиметру в соответствии с ГОСТ 10181.1-81.

Бетонная смесь перед уплотнением комплектом машин на рельсовом ходу должна иметь жесткость 20-30 с, а комплектом машин со скользящими формами - 10-15 с.

3.2. Для максимального использования пластифицирующего эффекта и обеспечения устойчивости против расслоения бетонной смеси на мелких и очень мелких песках следует стремиться сохранить на месте бетонирования максимальный объем вовлеченного воздуха: 6% - для однослойного и верхнего слоя двухслойного покрытия и 4,5%- для нижнего слоя двухслойного покрытия. Объем вовлеченного воздуха в бетонной смеси непосредственно после ее приготовления на ЦБЗ следует проектировать с учетом потерь воздуха в процессе технологической переработки смеси, т.е. увеличивать на 1-3%. При применении газообразующей добавки ГКЖ--94 в комплексе с СДБ количество образовавшегося в бетонной смеси газа не нормируется.

3.3. Прочность на растяжение при изгибе бетона на мелких и очень мелких песках должна соответствовать проектной, а прочность при сжатии может быть снижена на 10%.

4. ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА СОСТАВА БЕТОНА

4.1. Состав бетона на мелких и очень мелких песках следует подбирать в соответствии с требованиями "Инструкции по строительству цементобетонных покрытий автомобильных дорог" ВСН 139-80 (М.:ВПТИтрансстрой, 1980) и "Руководства по организации и технологии строительства аэродромных цементобетонных покрытий" (Союздорнии. М., 1982).

4.2. Ориентировочно коэффициенты раздвижки $K_р$ смеси в зависимости от принятой технологии устройства покрытия принимают по табл.1.

Таблица 1

Песок	$K_р$ при устройстве покрытия	
	в рельс-формах	в скользящих формах
Мелкий	1,5-1,7	1,6-1,8
Очень мелкий	1,3-1,5	1,4-1,6

Минимальное значение коэффициента раздвижки следует принимать для песков с меньшим модулем крупности $M_к$. При добавлении к мелким или очень мелким пескам дробленого песка коэффициент раздвижки щебня назначают в зависимости от модуля крупности полученного смешанного песка (см. СНиП III-46-79 и "Инструкцию" ВСН 139-80).

4.3. Для максимального снижения водопотребности бетонной смеси на мелких и очень мелких песках применяют большее, по сравнению со смесями на средних и крупных песках, количество пластифицирующей добавки СДБ - 0,3-0,6% массы цемента; суперпластификатора С-3 можно вводить 0,8-1%. Технико-экономическую

целесообразность применения суперпластификатора С-3 определяют, сравнивая бетоны с С-3 и с повышенными количествами СДБ. Наибольший пластифицирующий эффект достигается при сочетании добавок СДБ + С-3 (0,2-0,3+0,4-0,6)%. Количество воздухововлекающей добавки назначают по фактическому ее расходу, при котором обеспечивается требуемое воздухововлечение на месте производства работ. При подборе состава бетона содержание воздухововлекающей добавки в комплексе с пластифицирующей можно назначать 0,01 - 0,03% массы цемента. Взамен СНВ в комплексе с СДБ допускается применять добавки ПНФ в тех же количествах, что и СНВ, или газообразующую добавку ГКЖ-94 в количестве 0,05-0,1% массы цемента. Количество добавок следует уточнять при подборе состава бетона и корректировать при пробном бетонировании.

4.4. Чтобы исключить перерасход цемента, расход воды для обеспечения технологических свойств бетонной смеси на мелких и очень мелких песках не должен превышать расхода воды для смеси на средних песках. При этом содержание воды в бетонной смеси определяется пробными замесами на природном или искусственно подобранном среднем песке.

4.5. Ориентировочные составы бетона на мелких и очень мелких песках, прочность которого на растяжение при изгибе 4,5-5 МПа (при сжатии 35-40 МПа), для бетонных покрытий приведены в табл.2. При этом в бетонные смеси для получения объема вовлеченного воздуха 5-6 % следует вводить комплексную добавку (%) СДБ (0,3-0,6)+ СНВ (0,01-0,03).

4.6. Увеличивать водосодержание бетонной смеси при повышенном содержании в песке (10-15%) частиц мельче 0,14 мм для обеспечения равной подвижности не допускается. Равноподвижные смеси получают, увеличивая количество пластифицирующих добавок. В слу-

Таблица 2

Песок	В/Ц	Содержание в 1 м³ бетонной смеси, кг			
		воды	цемента марки 400	щебня фракции 5–20 и 20–40 мм	песка
Очень мелкий ($M_к$ =1÷1,5)	0,42–0,45	150–170	360–400	1200–1100	500–600
Мелкий ($M_к$ =1,5÷2)	0,42–0,45	150–170	360–400	1100–1000	600–700

чае необходимости объем вовлеченного воздуха должен быть отрегулирован соответствующим изменением количества воздухововлекающей добавки. Количество добавок устанавливают в лаборатории пробными замесами на песках двух разновидностей, содержащих соответственно 10 и 15% частиц мельче 0,14 мм, по достижении одинаковой водопотребности равноподвижных смесей с равным объемом вовлеченного воздуха.

4.7. При подборе состава бетона параллельно с испытанием на морозостойкость по ГОСТ 10060–76 проводят оценку поровой структуры бетона в соответствии с "Методическими рекомендациями по контролю качества поровой структуры бетона" (Союздорнии. М., 1976) или по ГОСТ 12730.4–78.

4.8. Примеры подбора состава бетона на очень мелком песке приведены в прил.1 настоящих "Методических рекомендаций".

5. ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ

5.1. При выборе типа смесителя для приготовления бетонной смеси на мелких и очень мелких песках предпочтение следует отдавать бетоносмесителям следую-

щих типов, перечисленных в порядке их значимости: цикличные принудительного действия, цикличные свободного перемешивания большой производительности, непрерывные принудительного действия, непрерывные свободного перемешивания.

5.2. Так как основой применения мелких и особенно очень мелких песков является наличие в бетонной смеси после ее приготовления вовлеченного воздуха, принятый технологический процесс приготовления бетонной смеси должен обеспечивать возможность регулирования объема вовлеченного воздуха. При приготовлении бетонных смесей в смесителях цикличного действия объем вовлеченного воздуха легко регулируется изменением времени перемешивания смеси при обычных количествах воздухововлекающего компонента комплексной добавки. В случае приготовления бетонной смеси в смесителях непрерывного действия типа СБ-109 из-за короткого времени перемешивания заданное воздухововлечение (см.п.1.5) достигается изменением схемы расположения лопастей, увеличением количества воздухововлекающей добавки и, в отдельных случаях, увеличением производительности бетоносмесительной установки на 5-10%. Окончательный выбор делают при пробном бетонировании.

5.3. При назначении количества добавок, вводимых в бетонную смесь с водой затворения, следует учитывать влажность заполнителей. Для смесителей непрерывного действия следует назначать количество добавок в расходных емкостях по наибольшей возможной влажности заполнителей. Пример расчета количества добавок дан в прил.2 настоящих "Методических рекомендаций".

5.4. Если работы проводятся при температуре воздуха выше 25°С, то следует увеличивать содержание воздухововлекающего компонента комплексной добавки, учитывая отрицательное влияние повышенных температур на воздухоудерживающую способность бетонных смесей.

5.5. При обогащении мелких и очень мелких песков укрупняющие добавки из отсевов дробления или из щебня фракции 3(5)-10 мм следует вводить вместо щебня фракции 5-20 мм, а в качестве крупного заполнителя использовать щебень фракции 20-40 мм. В случае использования щебня двух фракций и дробленых песков необходимо предусмотреть четвертый расходный бункер с дозирующим устройством.

5.6. При укладке бетонной смеси в покрытия с помощью комплекта машин со скользящими формами скорость движения бетоноукладчика не должна превышать 2 м/мин.

5.7. Для отделки поверхности покрытия из бетонной смеси на мелких и очень мелких песках нецелесообразно применять трубный финишер, так как покрытие из такой смеси хорошо отделывается после прохода бетоноукладочной машины. Допускается использовать для отделки поверхности свежеуложенного покрытия трубный финишер лишь при наличии дефектов на поверхности покрытия в виде раковин, наплывов и т.п. При этом следует слегка увлажнять трубы финишера и создавать очень тонкий слой цементного теста на поверхности покрытия.

5.8. Шероховатость покрытия обеспечивается применением инвентарных щеток на отделочных машинах или вручную, а также введением дробленых песков из отсевов либо щебня с зернами 3 мм.

5.9. Для предотвращения появления трещин в покрытии при введении повышенных дозировок СДБ рекомендуется устраивать контрольные швы комбинированным способом с закладкой ленты в свежеуложенный бетон машиной ДНШС-60 и последующей нарезкой паза шва в затвердевшем бетоне машиной ДС-133.

5.10. При применении бетонной смеси на мелких и очень мелких песках необходимо особенно тщательно соблюдать технологию производства работ на каждом этапе строительства дорожных и аэродромных покрытий.

5.11. Перед началом строительства покрытий следует проводить пробное бетонирование с тем, чтобы оценить соответствие технологических свойств бетонной смеси и прочности бетона заданным параметрам, а также оценить качество уплотнения и отделки поверхности свежеуложенного покрытия.

Приложение 1

ПРИМЕРЫ ПОДБОРА СОСТАВА БЕТОНА НА ОЧЕНЬ МЕЛКОМ ПЕСКЕ С КОМПЛЕКСНОЙ ДОБАВКОЙ ПАВ

Пример 1. Подобрать состав бетона марки 50 (5 МПа) по прочности на растяжение при изгибе, 400 (40 МПа) по прочности при сжатии, Мрз200 по морозостойкости. Бетонную смесь укладывают бетоноукладчиком со скользящими формами со скоростью не более 2 м/мин; требуемая жесткость смеси 10–15 с; требуемое содержание вовлеченного воздуха 6% на месте бетонирования (через 30–60 мин после приготовления бетонной смеси).

Материалы: дорожный портландцемент марки 500 с прочностью на растяжение при изгибе 6,4 МПа; крупный заполнитель – гранитный щебень фракции 5–20(40%) и 20–40 мм (60%), плотность зерен щебня–2600 кг/м^3, насыпная плотность – 1440 кг/м^3, пустотность 0,445 , содержание пылевидных, глинистых и илистых частиц (ПИГ) до 1%; мелкий заполнитель – очень мелкий песок с $M_к$ = 1,15, содержание зерен, проходящих через сито с сеткой № 014 , – 12,7%, ПИГ – 1%, плотность – 2640 кг/м^3, насыпная плотность – 1390 кг/м^3, пустотность – 0,47, удельная поверхность – 140 г/см^2; вода – водопроводная питьевая; добавки – СДБ и СНВ.

Расчет состава бетона

Определяем водоцементное отношение

$$В/Ц = \frac{0,34 \cdot 6,4}{5+0,034 \cdot 6,4} = 0,417.$$

Принимаем: содержание воды в 1 м^3 бетонной смеси – 160 л, объем вовлеченного воздуха – 60 л, $К_р$=1,6.

Рассчитываем содержание материалов:

цемента $Ц = 160:0,417 = 383$ кг;

щебня $$Щ = \frac{1000}{1,6 \cdot \frac{0,445}{1,44} + \frac{1}{2,6}} = 1140 \text{ кг};$$

песка $$П = \left[1000 - \left(\frac{383}{3,1} + 160 + \frac{1140}{2,6} + 60\right)\right] \cdot 2,64 \approx 576 \text{ кг}.$$

Содержание добавок ПАВ принимаем следующим: СДБ - 0,3%, СНВ - 0,01% массы цемента; в пересчете на 1 м^3 смеси

$$СДБ = \frac{0,3 \cdot 383}{100} = 1,149 \text{ кг};$$

$$СНВ = \frac{0,01 \cdot 383}{100} = 0,0383 \text{ кг}.$$

Номинальный состав бетонной смеси по массе

Ц:Щ:П = 1:1,504:2,976.

Доля песка в смеси заполнителей

$$r = \frac{576}{576+1140} = 0,34.$$

Расчетная плотность уплотненной бетонной смеси

$\gamma_{б\,см} = 383+160+1140+576 = 2259$ кг/м^3.

Экспериментальное уточнение расчетного состава бетонной смеси

Приготавливаем пробный замес расчетного состава и определяем жесткость, плотность и объем вовлеченного воздуха через 5 и 30-40 мин после приготовления бетонной смеси.

Жесткость оказалась равной 20 и 25 с соответственно, что выше требуемой.

Получить бетонную смесь требуемой жесткости можно увеличением количества воды затворения или СДБ.

Увеличиваем на 0,1% количество СДБ, т.е. берем 0,4% СДБ (1,532 кг/м^3) и снова приготавливаем пробный замес при прежнем расходе остальных материалов. Получаем следующие показатели свойств: жесткость через 5 мин – 10–12 с, через 30 мин – 15 с, объем вовлеченного воздуха через 5 мин – 6,6%, через 30 мин – 5,9 %.

Полученные технологические свойства бетонной смеси (жесткость и объем вовлеченного воздуха) соответствуют требуемым. Принимаем подобранный состав бетонной смеси: Ц=383 кг, В=160 л, Щ=1140 кг, П=576 кг. СДБ(0,4%)=1,532 кг, СНВ(0,01%)=0,0383 кг, и изготавливаем контрольные образцы – балки и кубы. Прочность образцов после 28 сут следующая: на растяжение при изгибе образца № 1 – 54,1 кгс/см^2 (5,41 МПа), образца № 2 – 55,6 кгс/см^2 (5,56 МПа), образца № 3 – 55 кгс/см^2 (5,5 МПа), среднее значение – 54,9 кгс/см^2 (5,49 МПа); при сжатии соответственно 412, 385, 373 кгс/см^2 (41,2; 38,5; 37,3 МПа); среднее значение – 399 кгс/см^2 (39,9 МПа).

Среднее значение прочности определяем в соответствии с требованиями ГОСТ 10180–78 и по постановлению Госстроя СССР № 73д от 17.09.81 г. (по двум наибольшим результатам из трех – для прочности при сжатии).

Морозостойкость бетона, определенная в соответствии с ГОСТ 10060–76 после замораживания на воздухе при температуре минус 20°С и оттаивания в 5%-ном растворе хлорида натрия, составила более 400 циклов (потери прочности менее 10%).

Показатели, определенные в соответствии с "Методическими рекомендациями по контролю качества поровой структуры бетона", следующие: общий объем пор $П_п$ – 16,3%; объем открытых капиллярных пор $П_о$ – 10,9%; объем воздушных условно-замкнутых пор $П_з$ – 5,4%; показатель крупности капиллярных пор $\lambda = 1,5$; показатель однородности пор по размерам $\alpha = 0,5$.

Для ориентировочного определения содержания воды при заданной жесткости бетонной смеси, принятом

коэффициенте раздвижки и рассчитанном В/Ц для песка с заданным модулем крупности можно пользоваться номограммой, приведенной на рисунке. Номограмма построена для смесей с комплексной добавкой СДБ+СНВ (0,25 +0,01)% и вовлеченным воздухом (5-6%), приготовленных на песках, содержащих менее 10% зерен, проходящих через сито с сеткой № 014.

Для данного примера (решение показано стрелками на рисунке) содержание воды при В/Ц=0,42 составит примерно 160 л при расходе цемента 380 кг.

Ожидаемая прочность бетона, рассчитанная по приведенным на рисунке формулам, составляет:

R_{pu}=5,67-1,33·0,42=5,67-0,56=5,11 МПа;

$R_{сж}$=83,6-108,3·0,42=83,6-45,5=37,1 МПа.

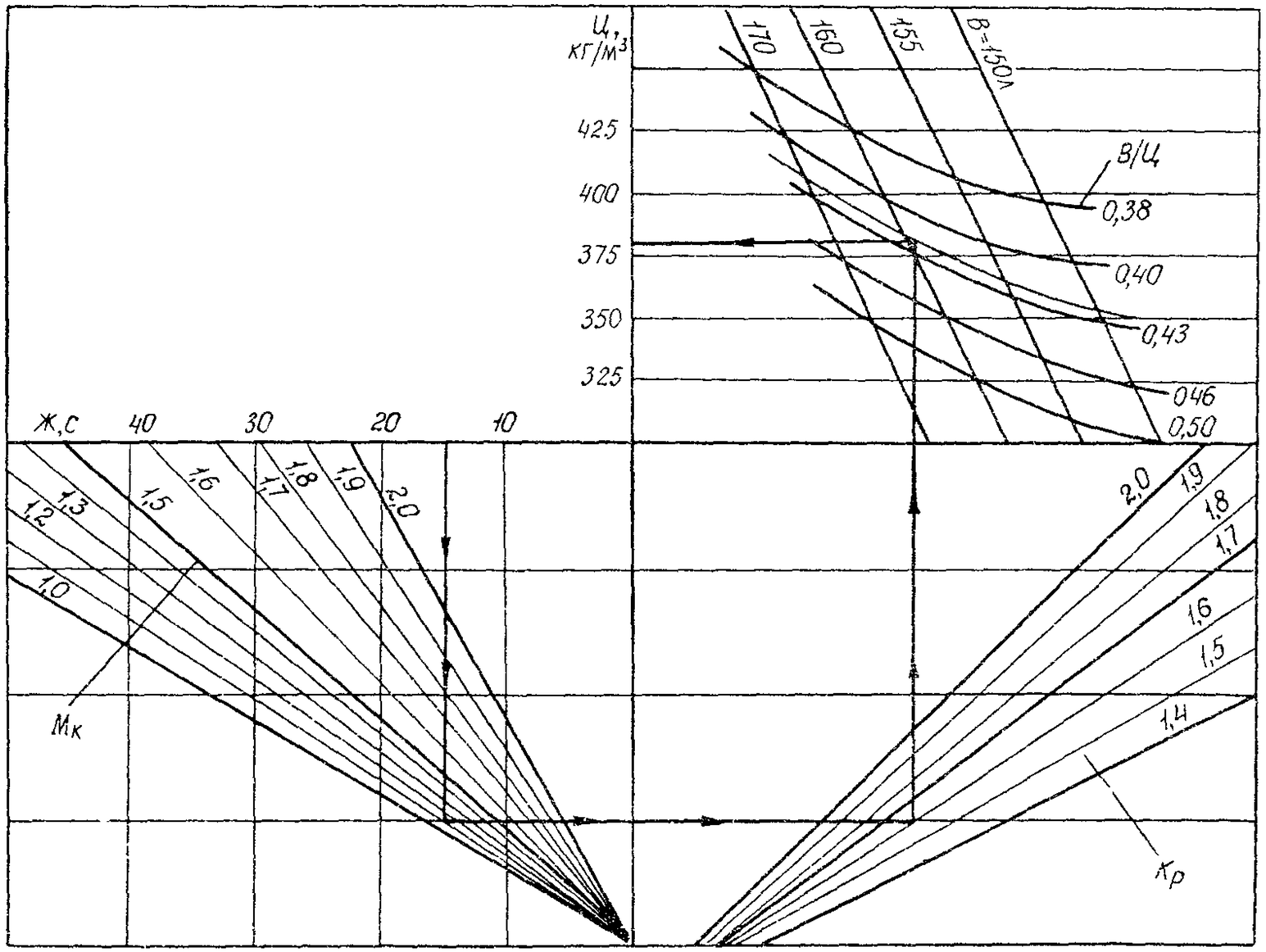
Пример 2. Подобрать состав бетона марки 45 (4,5 МПа) по прочности на растяжение при изгибе и 350(35 МПа) - по прочности при сжатии; Мрз200. Технология укладки та же, что и в примере 1. Материалы те же, что и в примере 1, плюс отсевы дробления гранитного щебня фракции 0-5 мм с насыпной плотностью 1390 кг/м^3, содержанием 2,6% отмучиваемых частиц, маркой по прочности 1200, морозостойкие.

Для определения необходимого количества отсевов дробления в смеси с очень мелким песком рассчитываем модуль крупности смешанного песка с различным содержанием отсевов дробления (20-60%) и определяем пустотность этих песков.

В нашем примере получены следующие значения (табл.1 данного приложения):

Таблица 1

Содержание отсевов дробления в смеси, %	Модуль крупности смешанного песка	Пустотность смешанного песка
20	1,64	0,44
40	2,01	0,41
60	2,42	0,43



Номограмма для определения водосодержания и расхода цемента марки 500 в бетонной смеси заданной жесткости с комплексной добавкой СДБ (0,25%)+ +СНВ (0,01%) в зависимости от крупности песка и его количества для получения бетона с прочностью на растяжение при изгибе 5–5,5 МПа. Объем вовлеченного воздуха – 5–7%. $R_{р.и.}$ =5,67–1,33 В/Ц (МПа), $R_{сж}$ =83,6–108,3 В/Ц (МПа)

Наименьшую пустотность имеет смешанный песок, содержащий 40% отсевов дробления (ОД) и 60% природного очень мелкого песка; его $M_к = 2,01$.

Вычисляем водоцементное отношение:

$$В/Ц = \frac{0,34 \cdot 6,4}{4,5 + 0,034 \cdot 6,4} = 0,46.$$

Принимаем В/Ц=0,46 , расход воды-150 л, объем вовлеченного воздуха - 60 л, коэффициент раздвижки щебня раствором $K_р = 1,8$.

Рассчитываем содержание материалов в 1 м^3 бетонной смеси:

$$Ц = 150:0,46 = 334 \text{ кг};$$

$$Щ = \frac{1000}{1,8 \cdot \frac{0,445}{1,44} + \frac{1}{2,6}} = 1060 \text{ кг};$$

$$П+ОД = \left[1000 - \left(\frac{334}{3,1} + 150 + 60 + \frac{1060}{2,6}\right)\right] \cdot 2,62 = 720 \text{ кг};$$

$$П = 0,6 \cdot 720 = 432 \text{ кг}; \quad ОД = 0,4 \cdot 720 = 288 \text{ кг}.$$

Содержание добавок ПАВ принимаем следующим: СДБ - 0,3%; СНВ - 0,01% массы цемента, что на 1 м^3 смеси составит:

$$СДБ = 0,003 \cdot 334 = 0,902 \text{ кг};$$
$$СНВ = 0,0001 \cdot 334 = 0,0334 \text{ кг}.$$

Номинальный состав бетонной смеси по массе

Ц:П:Щ = 1:2,16:3,17.

Доля песка в смеси заполнителей

$$r = \frac{720}{720+1060} = 0{,}405.$$

Расчетная плотность уплотненной бетонной смеси

$\gamma_{б\,см}$ =334+150+1060+720 = 2264 кг/м^3.

Экспериментальное уточнение расчетного состава бетонной смеси

Приготавливаем пробный замес расчетного состава и определяем жесткость Ж и объем вовлеченного воздуха $V_в$ в бетонной смеси.

Через 30 мин после окончания перемешивания Ж=15с, $V_в$ = 5,2%.

Принимаем подобранный состав, изготавливаем из него контрольные образцы и определяем прочность после 28 сут и морозостойкость бетона. Результаты испытаний бетона, в том числе и показатели поровой структуры, представлены в табл.2 данного приложения.

Таблица 2

Прочность, МПа		Показатели поровой структуры бетона					Морозостойкость, циклы
на растяжение при изгибе	при сжатии	$П_п$,%	$П_о$,%	$П_з$,%	$\bar{A}$	α	
4,54	37,3	16,6	11,7	4,9	1,28	0,56	400 при потере 12,7% прочности и менее 1% массы
4,89	33,6	16,0	11,4	4,6	1,20	0,65	
5,02	32,0	17,2	12,0	5,2	1,32	0,50	
Среднее значение							
4,82	34,3	16,6	11,7	4,9	1,27	0,56	

Приложение 2

ПРИМЕР РАСЧЕТА

количества добавок, вводимых в расходную емкость, с учетом влажности заполнителей при использовании бетоносмесительных установок непрерывного дейст - вия типа СБ-109

Подобран следующий состав бетона:
Ц - 400 кг, В - 170 л, П - 600 кг, Щ - 1100 кг, СДБ(0,3%) - 1,2 кг, СНВ(0,01%) - 0,04 кг.

Влажность щебня - 2%, песка - 8%.

Вместимость бака для воды затворения - 50 $м^3$.

Рассчитываем количество воды в заполнителях: в щебне $В_щ = 0,02 \cdot 1100 = 22$ л, в песке $В_п = 0,08 \cdot 600 = 48$ л.

Учитывая, что в заполнителе содержится 70 л воды, рассчитываем количество воды, которое необходимо добавить в смесь из бака:

$В = 170 - 70 = 100$ л $= 0,1$ $м^3$.

Из объема воды, вмещающегося в бак, можно приготовить $50 : 0,1 = 500$ $м^3$ бетонной смеси.

Количество добавок в расчете на сухое вещество, которое необходимо загрузить в расходную емкость объемом 50 $м^3$ для приготовления 500 $м^3$ бетонной смеси на заполнителях указанной выше влажности, составит:

$СДБ = 1,2 \cdot 500 = 600$ кг;
$СНВ = 0,04 \cdot 500 = 20$ кг.

При этом добавки вводят в расходную емкость в виде рабочего раствора 10- или 20%-ной концентрации. Сначала следует залить в емкость рабочий раствор добавки, а затем дополнить ее водой.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

1. Общие положения 4

2. Требования к материалам для приготовления бетонной смеси 7

3. Требования к бетонной смеси и бетону . . 8

4 Особенности подбора состава бетона 9

5. Особенности технологии производства работ 11

Приложения

1. Примеры подбора состава бетона на очень мелком песке с комплексной добавкой ПАВ . . . 15

2. Пример расчета количества добавок, вводимых в расходную емкость с учетом влажности заполнителей при использовании бетоносмесительных установок непрерывного действия типа СБ-109 22

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕЛКИХ И ОЧЕНЬ МЕЛКИХ ПЕСКОВ В БЕТОНЕ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И АЭРОДРОМОВ

Ответственный за выпуск инж. Е.И.Эппель

Редактор В.О.Арутюнян
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректоры И.А.Рубцова, М.Я.Жукова

Подписано к печати 18.06.1984. Л 119112. Формат 60x84/16
Печать офсетная. Бумага офсетная № 1. 1,1 уч.-изд.л.
1,4 печ.л. Тираж 1600. Заказ 121-4 . Цена 15 коп.

Участок оперативной полиграфии Союздорнии
143900, Московская обл., г.Балашиха-6, ш.Энтузиастов,79