Госстрой СССР

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

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЮ КАЧЕСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ НА ЗАВОДАХ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Утверждены
директором НИИЖБ
13 июля 1982 г.

Москва 1983

gost.e-ecolog.ru

УДК 69.05.658.582.666.972.I2

Печатается по решению секции заводской технологии бетона и же - лезобетона НТС НИИЖБ Госстроя СССР от II июня I982 г.

Рекомендации по организации оперативного контроля и регулирования качества бетонной смеси на заводах сборного железобетона. М., НИИЖБ Госстроя СССР, I983, с.26.

Изложены принципы проведения статистического анализа качества сырьевых материалов и бетонных смесей на плотных заполнителях, организации оперативного контроля и регулирования уровня качества. Приведены допустимые колебания свойств сырьевых материалов для того или иного уровня качества бетонной смеси и способы расчета оптимального рабочего состава на реальных материалах в темпе протекания технологического процесса по номограммам и посредством ЭВМ по математической модели.

Рекомендации предназначены для ИТР службы контроля и управления качеством продукции заводов сборного железобетона.

Табл.3, ил.4.

© Ордена Трудового Красного Знамени
научно-исследовательский институт
бетона и железобетона, I983

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие Рекомендации разработаны к ГОСТ 18105.0-80 - 18105.1-80 и распространяются на проведение оперативного контроля технологических величин, влияющих на выходные параметры качества бетонной смеси, а также корректирование по полученным результатам рабочей дозировки составляющих бетонной смеси на плотных заполнителях.

Рекомендации направлены на обеспечение и поддержание определенного уровня качества бетонной смеси в процессе ее приготовления.

Рекомендации разработаны в лаборатории совершенствования заводской технологии железобетона НИИЖБ Госстроя СССР (канд.техн.наук М.В.Младова, инж. О.В.Седова).

Замечания и предложения по содержанию Рекомендаций просим направлять в НИИЖБ по адресу: 109389, Москва, 2-я Институтская ул.,д.6.

Дирекция НИИЖБ

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

I.I. Контролируемыми параметрами качества бетонной смеси являются удобоукладываемость и проектируемая прочность. Колебание их значений, вызываемое колебанием влияющих на них факторов, можно поддерживать в желаемых пределах путем корректирования состава бетона по известным значениям факторов.

Определенный уровень качества* бетонной смеси достигается путем обеспечения и поддержания значений влияющих на него факторов в пределах допусков, т.е. управления качеством* (составом).

I.2. Для регулирования качества (состава) бетонной смеси необходимо определять следующие значения величин с такой периодичностью:

для цемента

активность $R_ц$, МПа – в каждой партии;

нормальная густота НГ, % – I раз в смену;

плотность $\rho_ц$, г/см^3 – в каждой партии;

для песка

плотность $\rho_п$, г/см^3 – в каждой партии;

насыпная плотность $\gamma_п$, г/см^3 – I раз в смену;

содержание зерен крупностью более 5 мм d, % – I раз в смену;

стандарт (среднеквадратическое отклонение) зерен крупностью более 5 мм в смену f, % – в каждой партии;

модуль крупности $М_{кр}$ – оперативно;

загрязненность (отмучивание) m, % – I раз в смену;

естественная влажность $W_п$, % – оперативно;

для щебня

плотность $\rho_щ$, г/см^3 – в каждой партии;

насыпная плотность $\gamma_щ$, г/см^3 – оперативно;

содержание зерен крупностью менее 5 мм c, % – I раз в смену;

стандарт зерен крупностью более 5 мм k, % – в каждой партии;

условное водопоглощение $W'_щ$, % – в каждой партии;

загрязненность p, % – в каждой партии;

прочность (дробимость) $R_щ$, МПа – в каждой партии;

естественная влажность $W_щ$, % – оперативно;

для бетонной смеси

осадка конуса ОК, см – оперативно;

жесткость Ж, с – оперативно;

проектируемая прочность $R_б$, МПа – оперативно.

---

* См. ГОСТ I5467-70.

I.3. Значения величин, названных в п.I.2, находят путем проведения приемочного контроля в момент поступления партии материала на предприятие и оперативного контроля факторов, изменчивость которых внутри смены или внутри партии превышает допустимое отклонение (см. ниже табл.I).

I.4. Приемочный контроль проводится в соответствии с требованиями: для крупного заполнителя - ГОСТ 8269-76, для мелкого заполните - ля - ГОСТ 8735-75, для цемента - ГОСТ 3I0.I-8I - 3I0.4.8I. При проведении приемочного контроля устанавливаются значения величин, относящиеся ко всей партии материала. При этом должно быть гаранти - ровано, что поступающий в работу материал не смешан по партиям. В противном случае испытание необходимо повторить на контрольной пробе, отбираемой в момент заполнения расходного бункера над дозатором.

I.5. Под оперативным контролем следует понимать дополнительный контроль отдельных факторов качества сырьевых материалов и бетонной смеси, который проводится в темпе протекания технологического процесса в связи с недостаточной степенью однородности материалов, расходуемых на приготовление партии бетонной смеси.

I.6. Уровень качества бетонной смеси определяется коэффициентом вариации контролируемых параметров и обеспечивается путем поддержа - ния влияющих факторов в допустимых пределах колебаний. Уровни качества бетонной смеси и соответствующие им допустимые колебания влияющих факторов приведены в табл.I.

Таблица I

Уровень качества	Контролируемые параметры			Влияющие факторы						
	Коэффициент вариации, %			Расход, %		Модуль крупности песка	Пустотность щебня, %	НГ, %	$R_ц$, МПа	Влажность заполнителей, %
	прочности бетона	подвижности бетонной смеси	жесткости бетонной смеси	цемента и воды	песка и щебня					
I	9,0	I5	I0	2	2,5	0,05	I,0	0,25	2,5	0,2
2	9,I	I8	I2	2	2,5	0,I	I,5	0,25	2,5	0,2
3	II,0	35	25	2	2,5	0,I	I,0	0,25	2,5	0,5
4	II,0	55	36	2	2,5	0,I	I,5	0,5	2,5	0,5
5	I2,0	25	I7	2	2,5	0,I	I,5	0,5	5,0	0,2
6	I3,I	60	40	2	2,5	0,I	I,5	I	5,0	0,5
7	9,0	I5	I0	0,I	0,2	0,05	I,0	0,25	2,5	0,5

I.7. Фактическое колебание параметров и факторов устанавливается путем проведения внутрисменного статистического анализа.

I.8. Корректирование состава бетона производится в случае, если разница между полученным при очередном испытании и использованным для расчета состава бетона значением фактора превысит допустимое колебание в соответствии с выбранным уровнем качества контролируемых параметров.

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ И КОРРЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

2.I. Организация оперативного контроля заключается в проведении статистического анализа и установлении периодичности контрольных испытаний.

Для всех величин, значение которых находится оперативно (см. п.I.2 настоящих Рекомендаций), проводится статистический анализ, в результате которого устанавливают среднеарифметическое значение, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации внутри партии и внутри смены (от замеса к замесу).

2.2. С этой целью из расходных бункеров над дозатором отбирают пробы в количестве 5-6 кг и проводят испытания материала по соответствующему ГОСТ (см.п.I.4 настоящих Рекомендаций) в такой последовательности:

вся проба материала взвешивается;

проба высушивается и взвешивается;

проводится рассев материала;

определяется содержание пылевидных частиц отмучиванием.

2.3. При внутрисменном анализе материалов пробы отбираются от каждого замеса, но не менее I0 раз в смену; при внутрипартионном анализе - в течение 5 смен от одной партии.

2.4. Результаты испытания должны быть занесены в журнал, в котором указываются: дата, смена, наименование материала, расход материалов на замес (или на I $м^3$), удобоукладываемость бетонной смеси, отпускная и марочная прочности партии бетона, от которой была отобрана проба.

2.5. Выходные параметры бетонной смеси определяют по ГОСТ I0I80-78 и ГОСТ I0I8I.0-8I - I0I8I.4-8I.

2.6. Среднеарифметическое значение величины $\bar{x}(\bar{y})$ определяют по формуле

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \quad + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i}{n} \quad , \qquad (I)$$

где x_i – единичный результат измерения; n – число измерений.

2.7. Среднеквадратическое отклонение S определяют по формуле

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \qquad (2)$$

2.8. Коэффициент вариации V определяют по формуле

$$V = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\,\% \; . \qquad (3)$$

2.9. Число определений оперативно контролируемой величины в смену n находят из отношения квадрата внутрисменного среднеквадратического отклонения (дисперсии) величины S^2, установленного статистическим анализом, к квадрату допустимого колебания фактора Sg^2, установленного по табл.I в соответствии с требуемым уровнем качества бетонной смеси в партии,

$$n = \frac{S^2}{S^2 g} \cdot \qquad (4)$$

2.I0. Выбор допустимого колебания факторов производится в соответствии с техническими возможностями осуществления требуемой периодичности оперативного контроля n. При числе испытаний более 4 в смену значение величины должно определяться специальным автоматическим контрольным датчиком, при меньшем числе испытаний может быть использован экспресс-метод.

2.II. По результатам оперативного контроля проводится корректирование состава, т.е. определяется оптимальная рабочая дозировка составляющих. Согласно пп. 2.I2 – 2.I6 рассчитывают номинальный, а пп. 2.I7 – 2.22 – рабочий состав бетонной смеси.

2.I2. По номограмме, приведенной на рис.I, определяют Ц/В (В/Ц) при условии, что $R_щ / R_б \geq 1{,}5$ для $R_б < 30$ и $R_щ / R_б \geq 2$ для $R_б \geq 30$, а $R_б = R^T$ по ГОСТ I8I05.0–80.

2.I3. По номограммам на рис.2 и 3 определяют водопотребность бетонной смеси. При использовании добавок или щебня (гравия) крупностью более 20 мм в номограмму должны быть внесены соответствующие поправки, значения которых находят в соответствии с п.3.7 настоящих Рекомендаций.

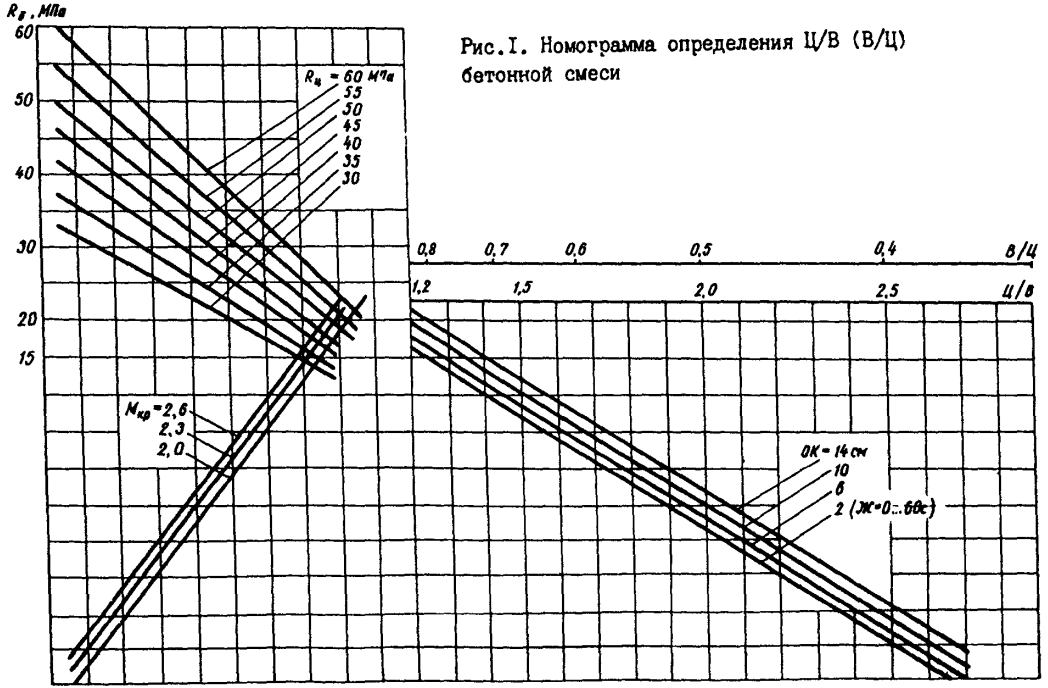
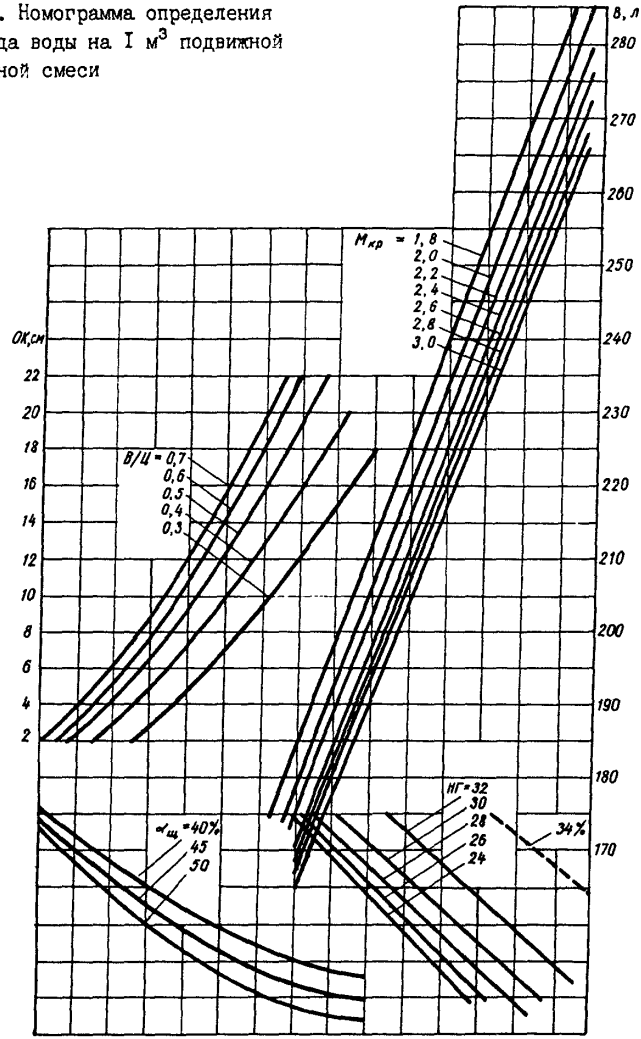


Рис.I. Номограмма определения Ц/В (В/Ц) бетонной смеси

Рис.2. Номограмма определения расхода воды на I $м^3$ подвижной бетонной смеси



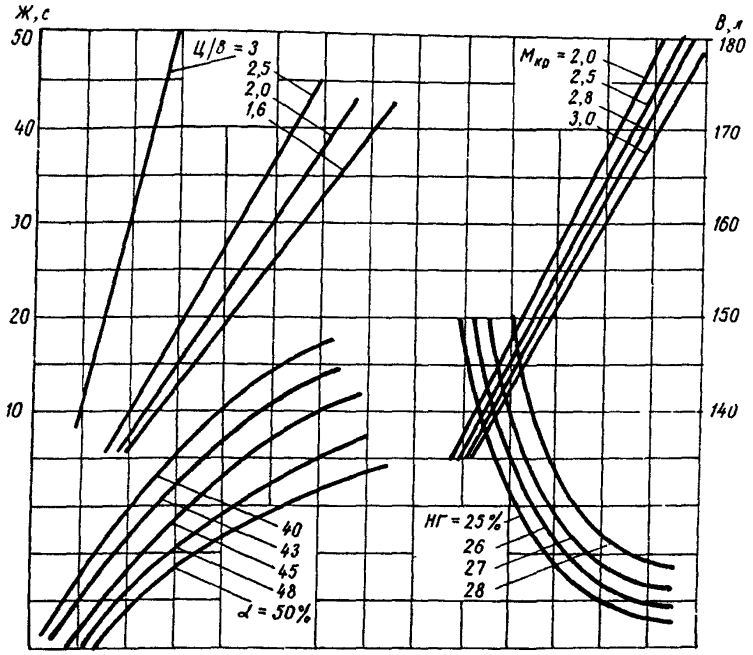


Рис.3. Номограмма определения расхода воды на I м^3 жесткой бетонной смеси

2.I4. Расход щебня (гравия) на I м^3 подвижной бетонной смеси определяют по формуле

$$V_щ + 0{,}0I\ V_щ\ (K+f) = I/(0{,}0II.0Ж+I{,}I2), \qquad (5)$$

где $V_щ$ – расход щебня, м^3.

Для жестких бетонных смесей расход щебня определяют по формуле

$$V_щ + 0{,}0I\ V_щ\ (K+f) = I/(I{,}I25 - 0{,}00IЖ). \qquad (6)$$

2.I5. Если приведенные в п.2.I2 условия по прочности щебня не выполняются, расход щебня не может быть более

$$V_щ = 0{,}008\ (I00 - K - f)\ . \qquad (7)$$

2.16. Расход материалов определяют по формулам

$$Ц = В \cdot Ц/В ; \quad (8)$$

$$Щ = 1000 \cdot V_{щ} \cdot \gamma_{щ} ; \quad (9)$$

$$П = \rho_{п} \left(1000 - \frac{Щ}{\rho_{щ}} - \frac{Ц}{\rho_{ц}} - В\right). \quad (10)$$

2.17. После определения номинального состава производят коррек - тирование составляющих по загрязненности заполнителей.

Перерасход цемента определяется по формулам

а) при загрязненности щебня

если $P_{б} > 30$, $Ц_{I} = Ц \cdot 0{,}0065 (p - 1)$; (11)

если $P_{б} \leq 30$, $Ц_{I} = Ц \cdot 0{,}0065 (p - 2)$; (11а)

б) при загрязненности песка

$$Ц_{2} = Ц \cdot 0{,}005 (m - 3). \quad (12)$$

Общий расход цемента равен

$$Ц' = Ц + Ц_{I} + Ц_{2}. \quad (13)$$

2.18. После внесения поправок на расход цемента проводят проверку на минимум и максимум расхода цемента по условию

$$220 \leq Ц' \leq 600.$$

Если $Ц' < 220$, то при отсутствии цемента более низкой марки расход его принимается равным 220 кг.

Если $Ц' > 600$, то необходимо использовать цемент более высокой марки либо снизить водопотребность смеси введением добавок.

2.19. Проверку на достаточность цементного клея для заполнения пустот в заполнителе проводят по формуле

$$В + Ц'/\rho_{ц} \geq \frac{П'}{\gamma_{п}} - \frac{П'}{\rho_{п}}, \quad (14)$$

где $П' = \rho_{п} \left(1000 - \frac{Щ}{\rho_{щ}} - \frac{П'}{\rho_{ц}} - В\right)$ или $П' = П - \frac{\rho_{ц}(Ц_{1} + Ц_{2})}{\rho_{ц}}$ (15)

2.20. Уточненное Ц/В определяют по формуле

$$(Ц/В)' = Ц'/В. \quad (16)$$

2.21. Расчет рабочего состава на 1 м^3 бетонной смеси производят, внося поправки на применение смешанных и влажных заполнителей.

Количество смешанного песка или песчано-гравийной смеси (ПГС) определяют по формуле

$$П_{см} = \frac{П'(100 - с) - Щ \cdot с}{100 - d - с}. \qquad (17)$$

Количество смешанного щебня или песчано-гравийной смеси определяют по формуле

$$Щ_{см} = Щ + П' - П_{см}. \qquad (18)$$

Количество влажного песка определяют по формуле

$$П_{см.в} = П_{см} + 0{,}01\, П_{см} \cdot W_п. \qquad (19)$$

Количество влажного щебня определяют по формуле

$$Щ_{см.в} = Щ_{см} + 0{,}01\, Щ_{см} \cdot W_{щ}. \qquad (20)$$

Рабочий расход воды с учетом влажности заполнителей определяют по формуле

$$В_{раб} = В - 0{,}01\, П_{см} \cdot W_п - 0{,}01\, Щ_{см} \cdot W_{щ} + 0{,}01 Щ_{см} \cdot W'_{щ}. \qquad (21)$$

2.22. Расход материалов на замес определяют путем умножения рабочего состава из формул (13), (19), (20) и (21) на объем одного замеса.

3. РЕГУЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА (СОСТАВА) БЕТОННОЙ СМЕСИ ПОСРЕДСТВОМ ЭВМ

3.1. Для регулирования качества бетонной смеси посредством ЭВМ в вычислительный центр направляют исходные данные по мере их поступления (получения результатов испытаний).

Исходные данные заносят в бланк следующего вида:

Данные расчета состава бетона

Дата:
Склад цемента №
Склад песка №
Склад щебня №

Марка бетона (требуемая прочность $R^т$)	МПа
Подвижность бетонной смеси ОК	см
Жесткость бетонной смеси Ж	с
Активность цемента $R_ц$	МПа
Нормальная густота НГ	%
Прочность щебня $R_{щ}$	МПа
Плотность щебня $\rho_{щ}$	г/см^3
Насыпная плотность щебня $\gamma_{щ}$	г/см^3

Модуль крупности песка $M_{кр}$	–
Плотность песка $\rho_п$	г/см^3
Насыпная плотность песка $\gamma_п$	г/см^3
Количество песка в щебне c	%
Количество щебня в песке d	%
Загрязненность песка m	%
Загрязненность щебня p	%
Стандарт зерен крупностью более 5 мм в щебне $к$	%
Стандарт зерен крупностью более 5 мм в песке f	%
Влажность щебня $W_щ$	%
Влажность песка $W_п$	%
Условное водопоглощение щебня $W'_щ$	%
Объем замеса N	м^3

В бланк задания на расчет состава бетона против параметра "марка бетона" ставят значение $R^т$ – требуемой прочности бетона в партии, определенное по ГОСТ 18105.0-80.

3.2. Расчет состава бетонной смеси проводится на ЭВМ по специальной программе. В основу программы положена математическая модель управления составом бетонной смеси, основные закономерности которой даны в пп. 2.12 – 2.22 настоящих Рекомендаций.

3.3. Цементно-водное отношение определяют для ОК < 4 см по формуле (22), для ОК = 4–8 см – по формуле (22 а), для ОК = 9–12 см – по формуле (22 б), для ОК > 12 см – по формуле (22 в).

$$Ц/В = (R_б+18+32,73M_{кр}+1,05R_ц+145,1V_щ-А)/(48,45+Б); \quad (22)$$

$$Ц/В = (R_б+33,25M_{кр}+1,24R_ц+148,2V_щ-А)/(37+Б); \quad (22а)$$

$$Ц/В = (R_б-18+33,77M_{кр}+1,44R_ц+151,4V_щ-А)/(25,75+Б); \quad (22б)$$

$$Ц/В = (R_б-35+34,29M_{кр}+1,63R_ц+154,5V_щ-А)/(14,3+Б). \quad (22в)$$

В формулах (22) – (22 в):

$$А = 0,45\,M_{кр}\cdot R_ц+17,7\,M_{кр}\cdot V_щ+1,19\,R_ц\cdot V_щ;$$

$$Б = 18,51\,M_{кр}+1,58\,R_ц+68,26\,V_щ.$$

3.4. Водопотребность подвижной бетонной смеси определяют по формуле

$$В = 395,3+1,86\,ОК-69,47В/Ц-84,13M_{кр}-13,41НГ+2,403\alpha_щ-0,1993\,ОК^2+$$
$$+51,14(В/Ц)^2+7,07M_{кр}^2+0,261НГ^2-0,018\alpha_щ^2+2,239\,ОК\cdot В/Ц-$$
$$-0,052\,ОК\cdot M_{кр}+0,089\,ОК\cdot НГ+0,035\,ОК\cdot\alpha_щ+2,6В/Ц\cdot M_{кр}-1,72В/Ц\cdot НГ-$$
$$-0,438\,В/Ц\cdot\alpha_щ+0,99\,M_{кр}\cdot НГ+0,063\,M_{кр}\alpha_щ+0,019\,НГ\cdot\alpha_щ. \quad (23)$$

Водопотребность жесткой бетонной смеси определяют по формуле

$$В = 1098 + 0{,}956\,Ж - 132{,}2\,Ц/В - 15{,}01\,М_{кр} - 57{,}8\,НГ - 6{,}516\,\alpha_{щ} + 0{,}0188\,Ж^2 + 16{,}79\,(Ц/В)^2 - 5{,}09\,М_{кр}^2 + 0{,}989\,НГ^2 + 0{,}081\,\alpha_{щ}^2 - 0{,}327\,Ж.Ц/В - 0{,}158\,Ж.М_{кр} - 0{,}0361\,Ж.НГ - 0{,}0097\,Ж\cdot\alpha_{щ} + 3{,}035\,Ц/В.М_{кр} + 2{,}083\,Ц/В.НГ + 0{,}387\,Ц/В.\alpha_{щ} + 1{,}916\,М_{кр}.НГ - 0{,}2916\,М_{кр}.\alpha_{щ} + 0{,}042\,НГ.\alpha_{щ}. \quad (24)$$

3.5. Для предотвращения расслаиваемости бетонной смеси на цементах с НГ $\leq$ 33 % при Ц/В $\geq$ 1,67, а также с НГ > 33 % при Ц/В $\geq$ 1,42 объем щебня определяется по формуле

$$V_{щ} + 0{,}01\,V_{щ}(\kappa + f) = \frac{\rho_{щ}}{\gamma_{щ}}\left\{1000 - \frac{В}{\rho_{п}}\left[Ц/В\left(\frac{\rho_{п}}{\rho_{ц}} + 2{,}214 - 0{,}206НГ + 1{,}055\,М_{кр} - 0{,}028\,НГ.М_{кр}\right) + \rho_{п} - 1{,}792 + 0{,}296\,НГ + 0{,}556\,М_{кр}\right]\right\}. \quad (25)$$

3.6. Алгоритм программы расчета состава бетонной смеси на ЭВМ представлен на рис.4. В выходном документе печатаются:

входные данные;

перерасход цемента при использовании цемента с НГ > 28 %;

перерасход цемента вследствие загрязненности заполнителей;

перерасход цемента при использовании смешанных заполнителей;

номинальный состав бетонной смеси на сухих несмешанных заполнителях;

рабочий состав бетона на 1 м^3;

рабочая дозировка на замес.

Выходной документ с ЭВМ является отчетным материалом и направляется в лабораторию.

Рабочая дозировка на замес направляется оператору бетоносмесительного отделения.

3.7. Корректирование состава бетона на производстве предшествует адаптация модели, которая заключается в проверке пригодности уравнений (22) - (22 в), (23), (24) и в случае необходимости - в корректировании свободного члена уравнения. Для этого в лабораторных условиях приготавливают подряд 10 замесов бетонной смеси и определяют их выходные параметры. По всем 10 замесам вычисляют среднеарифметическое значение $\bar{y}$ [см.формулу (1)] и среднеквадратическое отклонение S [см.формулу (2)].

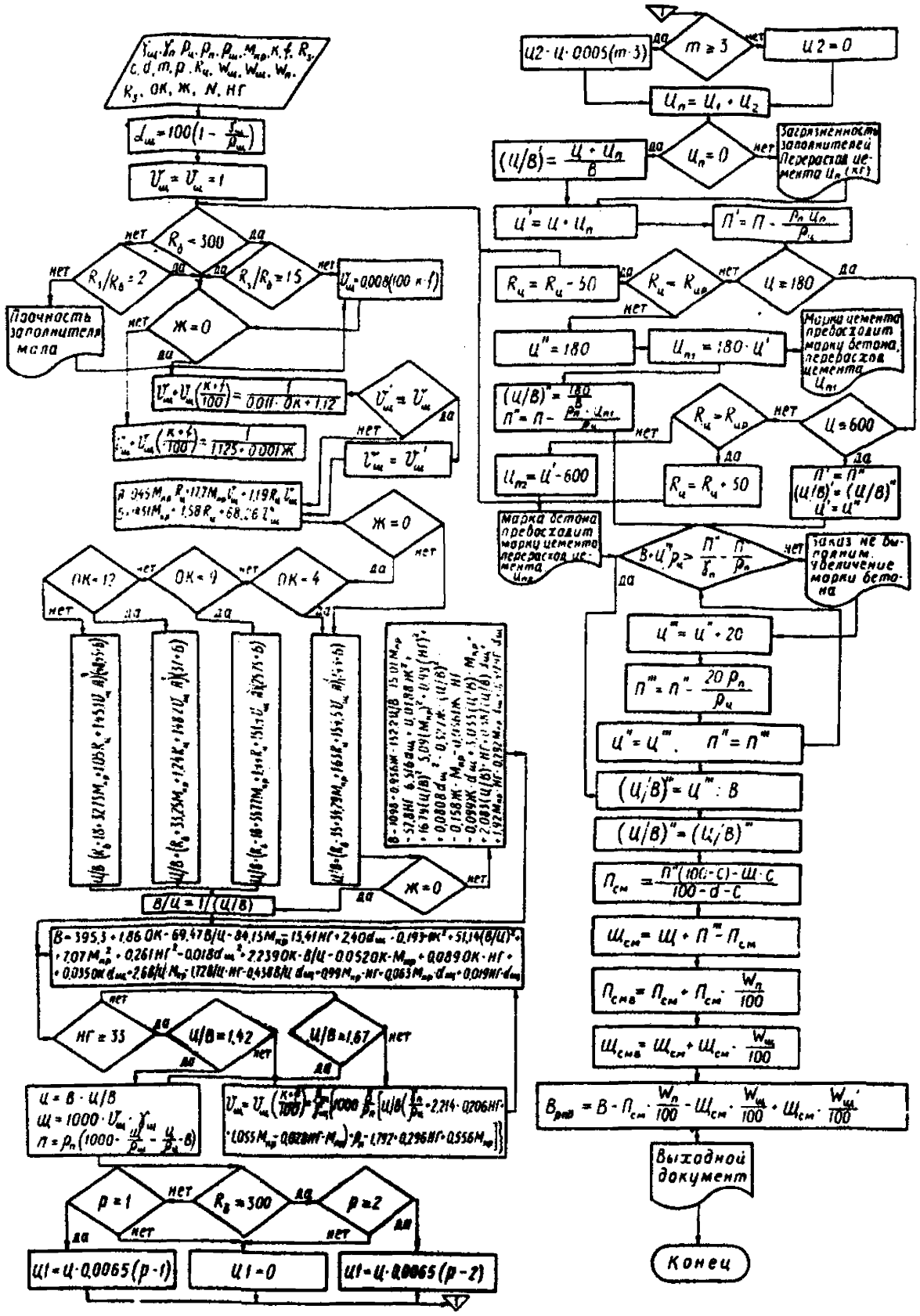


Рис.4. Алгоритм программы расчета и корректирования состава бетона

По оперативным значениям факторов качества сырьевых материалов вычисляют теоретическое значение параметра $\hat{y}$. Если разница между теоретическим и средним экспериментальным значениями величины $\Delta b_0 = \bar{y} - \hat{y}$ будет больше $0{,}753\,S$, то свободный член уравнения увеличивается на Δb_0 , если величина положительная, и уменьшается, если она отрицательная.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВНОГО ВОДОПОГЛОЩЕНИЯ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Для определения условного водопоглощения крупного заполнителя берут 2 кг высушенного до постоянной массы материала. Навеску погружают в воду на сите таким образом, чтобы слой воды был не менее чем на 20 мм выше слоя заполнителя. Через 30 мин сито извлекают из воды и в течение 2–3 мин дают стечь жидкости. Оставшуюся на поверхности зерен воду удаляют тканью, и заполнитель снова взвешивают. Условное водопоглощение крупного заполнителя вычисляют с точностью до 0,I % по формуле

$$W'_{ш} = \frac{P - 2}{2} \cdot 100, \%,$$

где P – масса насыщенной водой пробы, кг.

МЕТОДИКА УСКОРЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТА

Для управления прочностью бетона необходимы данные по активности цемента. Методика ГОСТ 3I0.4-8I не дает возможности оперативного определения активности цемента, тогда как эти данные требуются к моменту его использования в производстве.

Активность цемента достаточно знать с точностью до $\pm$2,5 МПа. Оперативное определение активности цемента с требуемой точностью может быть произведено по методике ускоренного испытания, обеспечивающей заданную точность.

Ниже приведена методика ускоренного определения активности цемента в бетоне.

I. Испытания проводят на сухих заполнителях, используются мытые кварцевый песок и гранитный щебень.

2. Готовят около 6 л бетонной смеси с В/Ц = 0,4 следующего состава, кг:

	При НГ $\leq$ 32 %	НГ > 32 %
Цемент испытуемый	3,0	3,5
Песок фракции 5-0,63 мм	I,97	I,3
" " 0,63-0,3 мм	0,7	0,65
" " 0,3-0,I5 мм	0,65	0,5
Щебень фракции 20-I0 мм	3,9	3,9
" " I0-5 мм	4,2	4,2
Вода питьевая	I,2	I,4

Сосуд для приготовления бетонной смеси и механизмы для перемешивания должны быть предварительно протерты влажной тканью. Приготовление смеси проводят в такой последовательности: сначала перемешивают щебень с песком, затем добавляют цемент и воду. Продолжительность перемешивания после добавления воды не менее 2 мин.

3. Из приготовленной бетонной смеси в течение I5 мин формуются образцы размером I0xI0xI0 см в спаренных формах, соответствующих требованиям ГОСТ 22685-77. Три формы заполняют бетонной смесью, устанавливают и закрепляют на лабораторной виброплощадке и уплотняют в течение 50-60 с при амплитуде виброплощадки a , равной 0,35 м м, или 40-50 с при a = 0,5 мм.

4. Через 2 ч после затворения водой две формы с бетоном закрывают металлической пластиной $\delta \geq 2$ мм, помещают в пропарочную камеру

я пропаривают по режиму: подъем температуры - 2 ч, изотермия - 8 ч (при температуре 85 °С), охлаждение - 0 ч. По окончании изотермии образцы извлекают из камеры и оставляют на 3 ч при комнатной температуре, после чего распалубливают.

5. Испытание образцов проводят через 4 ч после извлечения образцов из камеры пропаривания. За прочность образцов принимается предельная нагрузка, которую выдерживает до разрушения каждый квадратный сантиметр площади образца; она определяется как среднеарифметическое значение результатов испытания двух образцов-кубов:

$$R_б = \frac{P_I + P_2}{200},$$

где $R_б$ - прочность пропаренного бетона, МПа; P_I и P_2 - предельные нагрузки, которые выдержал соответственно первый и второй образец, Н.

6. Активность цемента определяется в соответствии с табл.2 по результатам прочности испытанных образцов.

Таблица 2. Соотношение между активностью цемента и прочностью бетона

Прочность цемента по ГОСТ 310.4-81 $R_ц$, МПа	Расчетная активность цемента $R_{ц.р}$, МПа	Прочность пропаренного бетона $R_б$, МПа	Прочность бетона на 28 сут R_{28}, МПа
30,0-34,9	32,5	21,7-25,2	31,0-36,0
35,0-39,9	37,5	25,3-28,8	36,1-41,2
40,0-44,9	42,5	28,9-32,4	41,3-46,4
45,0-49,9	47,5	32,5-36,0	46,5-51,5
50,0-54,9	52,5	36,1-39,6	51,6-56,7
55,0-59,9	57,5	39,7-43,3	56,8-61,9
60,0-64,9	62,5	43,4-46,9	62,0-67,0
65,0-69,9	67,5	47,0-50,5	67,1-72,0

Примечание. Если разница в прочности образцов превысит 15 %, то определение прочности проводится по образцу, показавшему больший результат (меньшее значение отбрасывается). Оставшиеся образцы распалубливаются через 1 сут и испытываются на 28 сут нормального хранения с момента изготовления.

ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРИОДИЧНОСТИ ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЯ И КОРРЕКТИРОВАНИЯ СОСТАВА БЕТОНА

I. Работа начинается с проведения статистического анализа изменчивости качества сырьевых материалов и бетонной смеси, по результатам которого устанавливается периодичность проведения оперативного контроля и выбирается возможный уровень качества бетонной смеси.

Результаты внутрисменной изменчивости сырья на Гатчинском СДСК приведены в табл.3.

Таблица 3

Измеряемые величины	Единица измерения	Среднее значение	Стандарт	Коэффициент вариации, %
Пустотность щебня	%	40,5	I,4	3,5
Влажность щебня:				
в зимний период	%	I,05	0,I8	I7,I
в летний период	%	4,54	I,28	28,0
Содержание зерен крупностью более 5 мм	%	90,I	2,I	2,3
Модуль крупности песка	-	I,4	0,I9	I3,6
Влажность песка:				
в зимний период	%	3,5I	0,45	I2,9
в летний период	%	I,I9	I,02	85,5
Содержание зерен крупностью более 5 мм в песке	%	I7,6	3,37	I9,2
Содержание зерен крупностью более 5 мм в ПГС	%	I,7	I,43	84,6
Модуль крупности ПГС	-	2,74	0,I9	6,8
Активность цемента	МПа	4I,2	2,24	5,4
Нормальная густота	%	35,5	0,25	0,7
Прочность бетона	МПа	25,4	5,02	I9,8
Осадка конуса бетонной смеси	см	I0,4	3,66	35,2

2. Устанавливается периодичность оперативного контроля факторов для поддержания параметров качества бетонной смеси (см.табл.I). Изменчивость факторов качества цемента не превышает минимальных допусков. Для поддержания влажности заполнителей в пределах 0,2 % н е т

аппаратуры, поэтому качество бетонной смеси не может быть выше 3-4-го уровней.

Проверим возможность поддержания модуля крупности песка и пустотности щебня.

Для поддержания колебания модуля крупности песка в пределах 0,05 величина должна быть измерена

$$n = 0,19^2/0,05^2 \approx 15 \text{ раз},$$

что требует специального автоматического датчика контроля.

Для поддержания колебания $M_{кр}$ в пределах 0,1 величина должна быть измерена

$$n = 0,19^2/0,1^2 \approx 4 \text{ раза}.$$

Допустимое колебание пустотности щебня можно поддерживать в пределах 1 % при измерении величины

$$n = 1,4^2/1,0 \approx 2 \text{ раза}.$$

Следовательно, при организации оперативного контроля и корректировании рабочего состава бетонной смеси коэффициент вариации прочности бетона можно поддерживать на уровне 11 %, а подвижности бетонной смеси - 35 %.

3. Пример корректирования состава бетонной смеси по номограммам

Данные для расчета состава бетона

Дата: 11.4.1980
Склад цемента № 2
Склад песка № 3
Склад щебня № 5

Марка бетона (требуемая прочность)	МПа	20
Подвижность бетонной смеси	см	14
Жесткость бетонной смеси	с	-
Активность цемента	МПа	40
Нормальная густота	%	30
Прочность щебня	МПа	100
Плотность щебня	г/см^3	2,61
Насыпная плотность щебня	г/см^3	1,45
Модуль крупности песка	-	2,7
Плотность песка	г/см^3	2,63
Насыпная плотность песка	г/см^3	1,45
Количество песка в щебне	%	18
Количество щебня в песке	%	8

Загрязненность песка	%	2
Загрязненность щебня	%	3
Стандарт зерен крупностью более 5 мм в щебне	%	5
Стандарт зерен крупностью более 5 мм в песке	%	3
Влажность щебня	%	0,9
Влажность песка	%	5,7
Условное водопоглощение щебня	%	0
Объем замеса	$м^3$	I,0

Определяем Ц/В по номограмме на рис.I

Ц/В = I,45; В/Ц = 0,7I.

Определяем водопотребность бетонной смеси по номограмме на рис.2

В = 236 л.

Расход щебня определяем по формуле (5)

$$V_{щ} = \frac{I}{(0,0II.I4+I,I2)\ (I+0,05+0,03)} = 0,72\ м^3.$$

Номинальный расход составляющих определяем по формулам (8) - (I0)

Ц = 23I . I,45 = 335 кг;

Щ = I000 . 0,72 . I,45 = I045 кг;

$$П = 2,36\ (I000 - \frac{I045}{2,6I} - \frac{335}{3,I} - 23I) = 685\ кг.$$

По формуле (II а) вносим поправку расхода цемента на загрязнен - ность щебня:

$$Ц_I = 335.0,0065\ (3-2) = 2,I7 \approx 2\ кг.$$

Поправка незначительна и расход цемента не увеличивается.

Проверяем достаточность цементного клея для заполнения пустот в песке по формуле (I4)

$$23I + \frac{335}{3,I} \geq \frac{685}{I,45} - \frac{685}{2,63};\ 339 > 2I2,2.$$

Цементного клея достаточно.

Проводим расчет рабочего состава на I $м^3$ бетонной смеси, внося поправки на применение смешанных и влажных заполнителей по формулам (I7) - (2I)

$$П_{см} = \frac{685\ (I00-I8) - I045.I8}{I00 - 8 - I8} = 505\ кг;$$

$Щ_{см}$ = 1045 + 685 - 505 = 1225 кг;

$П_{см.в}$ = 505 + 505 . 0,057 = 534 кг;

$Щ_{см.в}$ = 1225 + 1225 . 0,009 = 1236 кг;

$В_{раб}$ = 231 - 505 . 0,057 - 1225 . 0,009 = 191 л.

Итак, рабочий состав на 1 $м^3$ бетонной смеси:

Цемент - 335 кг;

Песок со склада № 3 - 534 кг;

Щебень со склада № 5 - 1236 кг;

Вода - 191 л.

4. Пример корректирования состава бетонной смеси посредством ЭВМ

Заполняется бланк расчета для состава бетона:

Дата: 11.4.1980

Склад цемента № 1

Склад песка № 3

Склад щебня № 5

Марка бетона (требуемая прочность)	МПа	20
Подвижность бетонной смеси	см	14
Жесткость бетонной смеси	с	-
Активность цемента	МПа	50
Нормальная густота	%	35
Прочность щебня	МПа	100
Плотность щебня	$г/см^3$	2,61
Насыпная плотность щебня	$г/см^3$	1,45
Модуль крупности песка	-	3,0
Плотность песка	$г/см^3$	2,63
Насыпная плотность песка	$г/см^3$	1,45
Количество песка в щебне	%	18
Количество щебня в песке	%	8
Загрязненность песка	%	2
Загрязненность щебня	%	3
Стандарт зерен крупностью более 5 мм в щебне	%	5
Стандарт зерен крупностью более 5 мм в песке	%	3
Влажность щебня	%	0,9
Условное водопоглощение щебня	%	0
Объем замеса	$м^3$	0,9

Выходной документ с ЭВМ:

ДАННЫЕ ЛАБОРАТОРНЫХ АНАЛИЗОВ

ДАТА II.4-I980.

ПЛОТНОСТЬ ЦЕМЕНТА Т/КУБ.М	3.I
НОРМАЛЬНАЯ ГУСТОТА %	35
ПРОЧНОСТЬ ЩЕБНЯ МПА	I00
ПЛОТНОСТЬ ЩЕБНЯ Г/КУБ.СМ	2.6I
НАСЫПНАЯ ПЛОТНОСТЬ ЩЕБНЯ Г/КУБ.СМ	I.45
МОДУЛЬ КРУПНОСТИ ПЕСКА	3.0
ПЛОТНОСТЬ ПЕСКА Г/КУБ.СМ	2.63
НАСЫПНАЯ ПЛОТНОСТЬ ПЕСКА Г/КУБ.СМ	I.45
КОЛИЧЕСТВО ПЕСКА В ЩЕБНЕ %	I8
КОЛИЧЕСТВО ЩЕБНЯ В ПЕСКЕ %	8
СОДЕРЖАНИЕ ЧАСТИЦ ОПРЕДЕЛЯЕМОЕ ОТМУЧИВАНИЕМ В ПЕСКЕ %	2.0
СОДЕРЖАНИЕ ЧАСТИЦ ОПРЕДЕЛЯЕМОЕ ОТМУЧИВАНИЕМ В ЩЕБНЕ %	3.0
СТАНДАРТ КОЛ-ВА ЗЕРЕН КРУПНЕЕ 5 ММ В ЩЕБНЕ В СМЕНУ %	5.0
СТАНДАРТ КОЛ-ВА ЗЕРЕН КРУПНЕЕ 5 ММ В ПЕСКЕ В СМЕНУ %	3.0
ВЛАЖНОСТЬ ЩЕБНЯ %	0.9
ВЛАЖНОСТЬ ПЕСКА %	5.7
УСЛОВНОЕ ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ ЩЕБНЯ %	0

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕМЕНТА С ПОВЫШЕННОЙ НОРМАЛЬНОЙ ГУСТОТОЙ

ПЕРЕРАСХОД ЦЕМЕНТА 43.54 КГ

НОМИНАЛЬНЫЙ СОСТАВ БЕТОННОЙ СМЕСИ НА I КУБ.М

ВОДА Л	244.
ПЕСОК КГ	823.
ЩЕБЕНЬ КГ	856.
ЦЕМЕНТ КГ	356.
Ц/В	I.456

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ

ПЕРЕРАСХОД ЦЕМЕНТА 3.484 КГ

ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ
ПЕРЕРАСХОД ЦЕМЕНТА 2.334 КГ

ИВЦ
ГАТЧИНСКОГО
СДСК

УВМ М-6000
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВУ БЕТОННОЙ СМЕСИ
НА I.КУБ.М

ДАТА II.4-I980

МАРКА БЕТОНА	ПОД-ВИЖ.	МАРКА ЦЕМЕНТА	ПЕСОК КГ	ЩЕБЕНЬ КГ	ВОДА Л	ЦЕМЕНТ КГ
200	I4	500	803	925	I92	360

ЦЕМЕНТ - СКЛАД № I
ПЕСОК - СКЛАД № 0
ПГС - СКЛАД № 3
ЩЕБЕНЬ - СКЛАД № 5

ИВЦ
ГАТЧИНСКОГО
СДСК

УВМ М-6000
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОСТАВУ БЕТОННОЙ СМЕСИ
НА 90 КУБ.М

ДАТА II.4-I980

МАРКА БЕТОНА	ПОД-ВИЖ.	МАРКА ЦЕМЕНТА	ПЕСОК КГ	ЩЕБЕНЬ КГ	ВОДА Л	ЦЕМЕНТ КГ
200	I4	500	723	833	I73	325

ЦЕМЕНТ - СКЛАД № I
ПЕСОК - СКЛАД № 0
ПГС - СКЛАД № 3
ЩЕБЕНЬ - СКЛАД № 5

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Предисловие 3
I. Общие положения 4
2. Организация оперативного контроля и корректирование состава бетона 6
3. Регулирование качества (состава) бетонной смеси посредством ЭВМ I2
Приложения:
I. Методика определения условного водопоглощения крупного заполнителя I7
2. Методика ускоренного определения активности цемента I8
3. Примеры определения периодичности оперативного контроля и корректирования состава бетона 20

Рекомендации по организации оперативного контроля и регулированию качества бетонной смеси на заводах сборного железобетона

Отдел научно-технической информации НИИЖБ
109389, Москва, 2-я Институтская ул., д.6

Редактор Н.А.Романова

Л- 91662 Подписано в печать 27/I-83 г. Заказ № 150
Формат 70x108/16 д.л. Печ.л. 1,2 Т - 500 экз.
Цена 18 коп.

gost.e-ecolog.ru

М ВНИИИС Госстроя СССР
121471, Москва, Можайское шоссе, д.25