

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)**

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

**ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА
ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ДОРОЖНОГО БЕТОНА**

Москва 1978

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО - ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА
ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ДОРОЖНОГО БЕТОНА

Одобрены Минтрансстроем

Москва 1978

УДК 666.972.56:539.217.1:658.562

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО КОНТРОЛЮ
КАЧЕСТВА ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ДОРОЖНОГО БЕ-
ТОНА. Союздорнии. М., 1978.

На основе проведенных исследований для контроля качества поровой структуры дорожного бетона разра- ботана методика определения основных параметров по- ровой структуры дорожного бетона, а также методи ка определения характера открытой пористости бетона по ки- нетике водопоглощения и дан пример определения поровой структуры дорожного бетона.

Табл.2, рис.3.

Предисловие

Долговечность цементобетонных покрытий автомобильных дорог и аэродромов, в том числе морозостойкость, в значительной степени зависит от характера капиллярно-пористой структуры дорожного бетона.

Получение дорожного бетона гарантированной морозостойкости связано с созданием в структуре бетона с помощью добавок ПАВ определенного объема воздушных условно-замкнутых пор, образующих так называемую резервную пористость.

Формированию морозостойкой структуры бетона способствует не вовлеченный при перемешивании бетонной смеси, а остаточный после вибрационного уплотнения воздух, в связи с чем необходим контроль качества поровой структуры затвердевшего бетона и особенно его объема условно-замкнутых пор. В этом направлении в Союздорнии проведены исследования, результаты которых нашли отражение в настоящих "Методических рекомендациях по контролю качества поровой структуры дорожного бетона".

В настоящих "Методических рекомендациях" приводится методика определения параметров поровой структуры бетона, открытой пористости бетона по кинетике водопоглощения и дан пример определения поровой структуры дорожного бетона.

Настоящие "Методические рекомендации" являются первым документом по контролю качества поровой структуры бетона, и одной из задач их применения в практике дорожного и аэродромного строительства является накопление опыта и экспериментальных данных в целях прогнозирования морозостойкости дорожного бетона без лабораторных испытаний на попеременное замораживание-оттаивание.

Применение в практике строительства настоящих и "Методических рекомендаций" позволит получить достоверные данные о фактическом содержании условно-замкнутых и открытых пор, а также в необходимых случаях данные о показателях крупности пор и их однородности.

"Методические рекомендации" разработаны кандидатами технических наук А.М.Шейниным и В.И.Коршуновым при участии канд.техн.наук М.И.Бруссера.

В целях накопления опыта в прогнозировании морозостойкости дорожного бетона по результатам контроля качества поровой структуры Союздорнии просит ежегодно сообщать данные параллельных испытаний бетона на морозостойкость по ГОСТ 10060-76 и определенных параметров поровой структуры в соответствии с настоящими "Методическими рекомендациями".

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

Общие положения

1. Настоящие "Методические рекомендации" предназначены для контроля качества поровой структуры дорожного цементобетона, используемого при строительстве покрытий автомобильных дорог и аэродромов в соответствии с действующими нормативными документами.

2. Положения настоящих "Методических рекомендаций" распространяются на дорожные бетоны, соответствующие требованиям ГОСТ 8424-72 "Бетон дорожный", а также на материалы для их приготовления, в том числе на крупный (щебень, гравий, щебень из гравия) и мелкий заполнители (природные кварцевые или кварцевополевошпатовые пески, дробленые пески) из плотных изверженных или осадочных пород с водопоглощением соответственно менее 0,5 и 1%.

3. Контроль качества поровой структуры бетона предусматривает установление соответствия параметров испытываемых образцов бетона требуемым в следующих случаях:

- при подборе состава бетонной смеси;
- при пробном бетонировании;

- в процессе строительства бетонных покрытий (не реже одного раза в квартал одновременно с испытанием бетона на морозостойкость по ГОСТ 10060-76 "Бетоны. Методы определения морозостойкости");

- при приемке покрытия в эксплуатацию (по требованию заказчика);

- в процессе наблюдений за состоянием эксплуатируемого покрытия.

4. Применение рекомендуемого метода контроля не исключает экспресс-метода для определения объема воздушных пор в бетонной смеси с помощью воздухомера.

5. Для контроля качества поровой структуры бетона необходимо определение следующих параметров:
 суммарного (интегрального) объема пор Π_{Σ} ;
 объема открытых (капиллярных) пор $\Pi_{\text{К}}$, т.е. доступных для заполнения водой при принятом режиме водонасыщения;

объема условно-замкнутых пор $\Pi_{\text{З}}$, т.е. не доступных при принятом режиме водонасыщения для заполнения водой. Объем пор $\Pi_{\text{З}}$ соответствует объему воздушных пор, образованных вовлеченным в бетонную смесь воздухом.

6. Параметры поровой структуры бетона определяют на бетонных образцах в возрасте 28 суток. При необходимости объем условно-замкнутых пор $\Pi_{\text{З}}$ можно определять на образцах в возрасте менее 28 суток.

7. Наряду с обязательными параметрами, дополни -

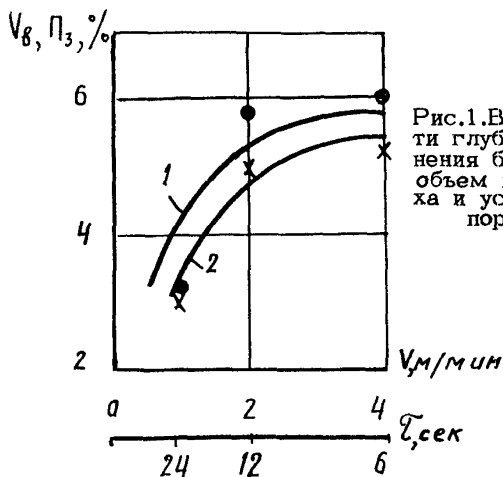


Рис.1. Влияние длительности глубинного виброуплотнения бетонной смеси на объем вовлеченного воздуха и условно-замкнутых пор в бетоне

тельно определяют условные показатели крупности пор и их однородности в соответствии с приложением I.

8. Для контроля поровой структуры бетона определяющим параметром является объем условно-замкнутых пор Π_z . Важность установления этого параметра вытекает из необходимости получения достоверной информации о фактическом содержании условно-замкнутых резервных пор в затвердевшем бетоне, поскольку не все вовлеченные при перемешивании бетонной смеси, а оставшиеся после вибрационного уплотнения пузырьки воздуха определяют морозостойкость и прочность бетона. Фактическое содержание условно-замкнутых пор в затвердевшем бетоне зависит от технологии производства работ и, в частности, от длительности вибрационного уплотнения смеси (рис.1).

Методика определения параметров поровой структуры бетона

9. Суммарный (интегральный) объем пор или показатель пористости Π_n (по ГОСТ 12730-67 "Бетон тяжелый. Методы определения объемной массы, плотности, пористости и водопоглощения") определяют по формуле

$$\Pi_n(\Pi) = \left(1 - \frac{m_{\text{ж}}^{\text{ж}}}{\rho}\right) \cdot 100\% , \quad (1)$$

где $m_{\text{ж}}^{\text{ж}}$ - объемная масса бетона, высушенного до постоянной массы, г/см³;

ρ - плотность (удельная масса) бетона, г/см³.

10. Объем открытых (капиллярных) пор Π_K вычисляют следующим образом:

$$\Pi_K = W_i \cdot \frac{m_{\mathcal{V}}^{\delta}}{\rho_{\delta}} \text{ или } \Pi_K = \frac{m - m_0}{\mathcal{V}} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где W_i - водопоглощение образца, % по массе, с точностью до 0,1%, определяемое по формуле

$$W_i = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

ρ_{δ} - плотность воды, г/см³. $\rho_{\delta} = 1$;

m - масса водонасыщенного образца, г;

m_0 - масса образца, высушенного до постоянной массы, г;

\mathcal{V} - объем образца-пробы, см³.

11. Объем воздушных условно-замкнутых пор $\Pi_{\mathcal{Z}}$ определяют по формуле

$$\Pi_{\mathcal{Z}} = \Pi_{и} - \Pi_K. \quad (4)$$

12. Средний радиус сечений условно-замкнутых (воздушных) пор и среднеквадратическое отклонение радиусов таких пор на шлифах затвердевшего бетона устанавливают по ГОСТ 22023-76 "Материалы строительные. Метод микроскопического количественного анализа структуры".

13. Показатели среднего размера открытых пор \bar{r}_2 и однородности этих пор по размерам α можно определять по кинетике водонасыщения в соответствии с приложением 1.

14. Для определения рекомендуемых параметров поровой структуры на образцах бетона необходимо иметь:

весы с приспособлением для гидростатического взвешивания, обеспечивающие взвешивание образцов массой до 500 г с точностью до 0,1 г, а образцов массой более 500 г с точностью до 1,0 г;

сушильный шкаф, обеспечивающий заданный режим сушки (при 105–110°C) с точностью $\pm 5^{\circ}\text{C}$;

устройство для отсчета времени (часы, секундомер).

15. Для испытаний отбирают образцы-пробы определенных размеров и формы, чтобы исключить влияние размеров образца на результаты определений параметров поровой структуры бетона. Пробы отбирают из контрольных образцов-балок или кубов, формируемых при подборе состава смеси и при текущем контроле прочности бетона, а также из образцов-кернов, отобранных из бетонного покрытия. Количество проб в каждом случае должно составлять не менее трех, толщина их должна быть равна приблизительно 7 см.

16. Пробы бетона из контрольных образцов-балок или кубов отпиливают на камнерезных станках или откалывают на прессе с помощью двух металлических стержней так, чтобы сохранить поперечное сечение и е контрольного образца (рис.2).

Керны для отбора проб должны выпиливаться непосредственно из покрытия так, чтобы не нарушить структуру бетона (например, алмазным кругом).

Образцы-пробы бетона можно также откалывать или отпиливать от кернов бетона цилиндрической формы (см.рис.2), диаметр которых должен быть не менее 5 см, а высота отпиливаемой или откалываемой части-7–10 см.

17. Для контроля качества поровой структуры бетона в покрытии важное значение имеет место отбора проб. Как правило, следует отбирать образцы из верхнего слоя покрытия. При необходимости оценки параметров пористости бетона по толщине покрытия образцы-пробы можно отбирать послойно с толщиной слоя приблизительно 7 см.

18. При определении показателей крупности и однородности пор рекомендуется использовать пробы бето-

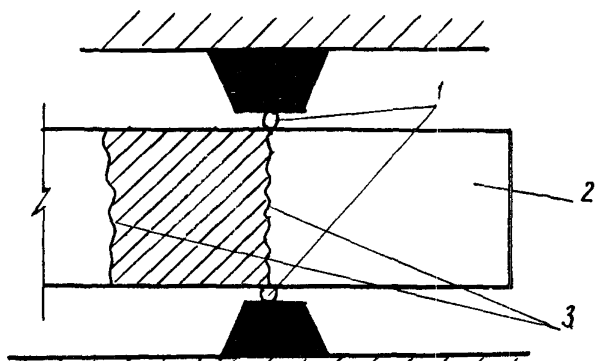


Рис.2. Схема откалывания образцов-проб от контрольных образцов бетона:

1-металлические стержни гладкие из высокопрочной стали $\varnothing 5\text{мм}$; 2-контрольный образец-балка; 3-намечаемые плоскости раскола (заштрихован образец-проба)

на, имеющие форму, близкую к кубической, с ребром около 7 см.

19. Образцы-пробы бетона, предназначенные для определения параметров поровой структуры, должны иметь четкую несмываемую маркировку.

20. До начала испытания (до взвешивания) выявленные на образцах отдельные дефекты (раковины, трещины, посторонние включения и т.п.) следует зафиксировать в журнале испытаний. Резко выступающие места на поверхности образца должны быть устранены (например, шлифовкой), так как их разрушение в процессе испытаний будет искажать полученные результаты.

Поверхность образцов-проб должна быть очищена от пленкообразующих материалов, препятствующих водонасыщению бетона.

21. Подготовленные и высушенные до постоянной массы при температуре 105–110°C (по ГОСТ 12730-67) образцы-пробы охлаждают в эксикаторе над хлористым кальцием или силикагелем до комнатной температуры (20±2°C) и взвешивают на воздухе (m_0). Затем образец-пробу помещают в воду, температура которой 20±2°C. Над образцом должен быть слой воды не менее 2 см. Через 5 суток^{х)} непрерывного насыщения в воде образец вынимают из воды, обтирают влажной тканью и взвешивают на воздухе (m) и затем в воде (m_1).

Объем образца-пробы бетона V (в см³) определяют по формуле

$$V = m - m_1, \quad (5)$$

объемную массу бетона (в г/см³) в высушенном до постоянной массы состоянии – по формуле

$$m_V^\delta = \frac{m_0}{V}. \quad (6)$$

22. Плотность (удельную массу) бетона ρ (в г/см³) следует определять в обезвоженном керосине с помощью пикнометра по ГОСТ 12730-67.

Величину ρ устанавливают при подборе состава бетонной смеси и используют на всех стадиях контроля качества поровой структуры бетона.

23. Показатели поровой структуры бетона Π_i, Π_k и Π_f рассчитывают по формулам (1)–(4) настоящих "Методических рекомендаций" с точностью до 0,1. Зна-

^{х)}Для ускоренного определения параметров поровой структуры бетона допускается насыщать образец в течение одних суток.

чения параметров выбираются как средняя величина по результатам испытания трех образцов-проб (наибольшие и наименьшие показатели отбрасываются).

24. При контроле качества поровой структуры бетона в процессе строительства, при приемке в эксплуатацию и в процессе эксплуатации за эталонные принимают значения параметров поровой структуры бетона, полученные при подборе его состава.

Ориентировочные значения этих параметров приведены ниже:

| Параметры | Значения параметров |
|---|---------------------|
| Суммарный объем пор Π_n , % | 15-20 |
| Объем открытых пор Π_k , % | 10-15 |
| Объем условно-замкнутых пор Π_z , % | 3-7 |
| Показатель средней крупности пор \bar{f}_2 . . . | Не более 3 |
| Показатель однородности пор по размерам α . Не более 1 | |

25. Качество поровой структуры дорожного бетона во всех случаях оценивают по величине Π_z

В необходимых случаях поровую структуру можно оценивать по параметрам Π_n и Π_k при участии представителей Союздорнии.

26. Гарантированная морозостойкость дорожного бетона обеспечивается в том случае, если величина Π_z находится в пределах 5-6%. При значениях параметра Π_z менее 3% наблюдается существенное снижение морозостойкости, хотя прочность при этом может повыситься.

При величине параметра Π_z более 6% возможно снижение прочности бетона по сравнению с проектной. Получение бетона с проектной прочностью при этих значениях Π_z приводит к неоправданному увеличению расхода цемента.

Пример определения параметров поровой структуры дорожного бетона приведен в приложении 2.

**Методика определения параметров
открытой пористости бетона
по кинетике водонасыщения**

Методика основана на использовании явления капиллярного впитывания, заключающегося в том, что скорость поглощения капиллярами смачивающей жидкости прямо пропорциональна их радиусам r . Это справедливо при одинаковых физических параметрах жидкости и стенок капилляров, характеризуемых, в частности, вязкостью жидкости η , краевым углом смачивания θ , поверхностным натяжением σ , углом наклона капилляра к горизонту β .

Анализ дифференциального уравнения движения смачивающей жидкости по капилляру показал, что наиболее простой элементарной функцией, описывающей этот процесс, является экспонента вида

$$\frac{W_t}{W_{max}} = 1 - \exp(-\lambda t), \quad (1)$$

где $\frac{W_t}{W_{max}}$ - степень заполнения капилляра в момент времени t или отношение величины поднятия жидкости через промежуток времени t после начала насыщения к величине максимального поднятия, определяемой формулой Жюрена;

λ - показатель степени экспоненты, численно равный пределу отношения величины ускорения поднятия жидкости по капилляру к скорости этого поднятия, в свою очередь есть функция

$$\lambda = f(r; \eta; \theta; \beta). \quad (2)$$

В случаях насыщения одного и того же материала (например, цементного камня) одной и той же жидкостью (например, водой) все физические величины в правой части выражения (2), кроме радиуса капилляров, являются постоянными. Поэтому разница в величинах $\bar{\lambda}$ отражает разницу в радиусах капилляров. Так как величины $\bar{\lambda}$ легко определить по экспериментальным кривым водопоглощения, то появляется возможность количественной оценки пористости монокапиллярного материала по кинетике его насыщения по двум параметрам: W_{max} - объем капилляров и $\bar{\lambda}$ - показатель поперечного размера капилляра (радиуса).

При переходе от монокапиллярного материала, рассмотренного выше, к поликапиллярным материалам, к которым относятся все реальные строительные материалы, в том числе цементобетон, уравнение (1) преобразуется следующим образом:

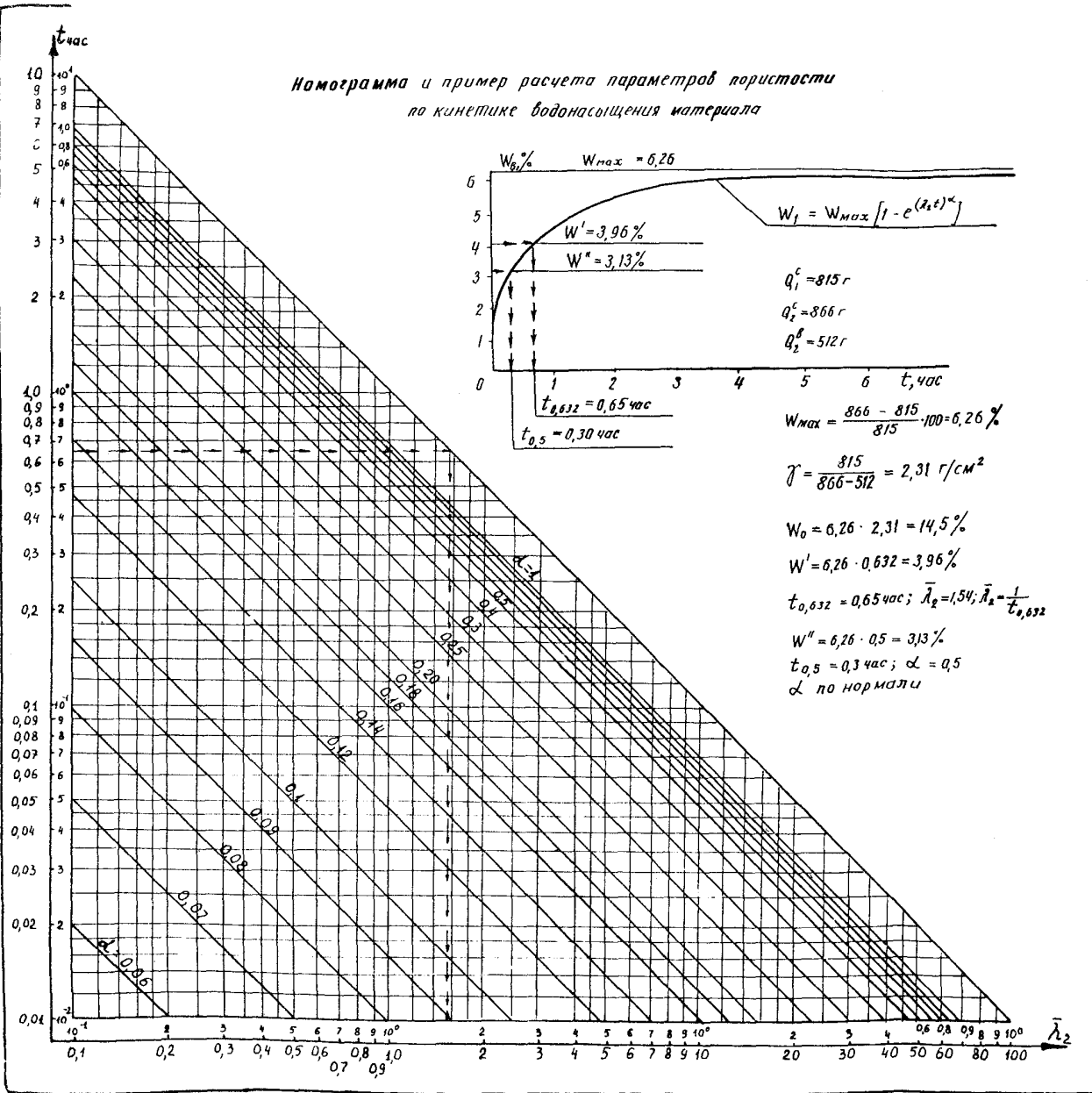
$$\frac{W_t}{W_{max}} = 1 - \exp\left(-\bar{\lambda}_2 t\right)^\alpha, \quad (3)$$

где W_t - насыщение материала в момент времени t ;
 W_{max} - максимальное насыщение материалов в условиях опыта;
 $\bar{\lambda}_2$ - показатель среднего размера капилляров исследуемого материала;
 α - показатель однородности размеров капилляров.

Для определения величины W , $\bar{\lambda}_2$ и α по экспериментальным кривым поглощения материалами смачивающей жидкости получены расчетные формулы и по ним построены номограммы (рис.3).

Для исследований цементного камня, раствора и бетона из жидкостей наиболее целесообразно использо-

Номограмма и пример расчета параметров пористости
по кинетике водонасыщения материала



вать воду. Рекомендуемые образцы-кубы с ребром 7 см. Перед испытаниями образцы высушивают. Кинетику водопоглощения фиксируют либо непрерывным гидростатическим взвешиванием, либо дискретно в определенные моменты времени. Для определения параметров поровой структуры используется номограмма (см. рис.3)х).

Параметры поровой структуры, определенные по кинетике водопоглощения, могут быть использованы для оценки влияния на структуру любых технологических и эксплуатационных факторов производства бетона и условий его эксплуатации, а также увязаны с определенными физико-механическими свойствами бетонов.

х) Построение полной кривой насыщения бетона водой допускается производить по отдельным точкам, получаемым путем взвешивания водонасыщаемых образцов через 10,30,60 мин, 2,3,4,5 и 6 час, , 1,2,3,4,5 суток.

Приложение 2

Пример определения параметров
поровой структуры бетона

Параметры поровой структуры для оценки свойств дорожного бетона при пробном бетонировании определяли на образце-пробе размером 15x15x7 см, отколо- том от контрольного образца-балки - 15x15x55 см, и образце-пробе, отколотом от верхней части керна диа- метром 13 см, высверленного из бетонного покрытия (возраст бетона 28 суток).

Результаты испытаний приведены в таблице.

| Параметры | Образцы, от кото- рых взяты пробы | |
|---|--------------------------------------|-------|
| | балка 15x15x55см | кern |
| Масса образца | | |
| высушенного до постоянной массы m_0 , г | 2493,2 | 781,3 |
| взвешенного на воздухе m , г | 2601,9 | 821,0 |
| Масса поглощенной воды, г | 108,7 | 39,7 |
| Масса образца, взвешенного в воде m_1 , г | 1479,0 | 469,4 |
| Объем образца-пробы V , см ³ | 1122,9 | 351,6 |
| Объемная масса бетона m_b^f , г/см ³ | 2,22 | 2,22 |
| Пористость бетона, % по объему | | |
| P_i | 15,3 | 15,2 |
| P_k | 9,7 | 11,3 |
| P_j | 5,6 | 3,9 |

Примечание. Плотность (удельная масса) бето- на по ГОСТ 12730-67 составляет 2,62 г/см³.

Анализ данных показывает, что бетон в контроль- ных образцах, отформованных при подборе состава бе-

тонной смеси в лаборатории и твердевших в течение 28 суток в нормальных температурно-влажностных условиях, соответствует требованиям ГОСТ 8424-72 по объему воздушных условно-замкнутых пор и морозостойкости. Бетон в образце-керне, высверленном из дорожного покрытия, имеет объем воздушных условно-замкнутых пор несколько меньше, чем предусмотрено подбором. Это обстоятельство привело к некоторому снижению стойкости бетона против замораживания-оттаивания в 5%-ном растворе хлористого натрия, хотя этот бетон по ГОСТ 10060-76 признается морозостойким.

По результатам определения параметров пористости бетона в покрытии необходимо отрегулировать дозировку воздухововлекающей добавки.

Оглавление

| | Стр. |
|--|------|
| Предисловие | 3 |
| Общие положения | 5 |
| Методика определения параметров поровой структуры бетона | 7 |
| Приложение 1. Методика определения парамет- ров открытой пористости бетона по кинетике во- донасыщения | 13 |
| Приложение 2. Пример определения параметров поровой структуры бетона | 16 |

Ответственный за выпуск
инж. И.Е.Тарасенко

Редактор Л.В.Королева
Технический редактор А.В.Евстигнеева
Корректор И.А.Рубцова

Подписано к печати 14/XII 1978г. Формат 60x84/16
Л 124048 Цена 17 коп.

Заказ 5-9 Тираж 650 0,9 уч.-изд.л. 1,1 печ.л. + 1 вклейка

Ротапринт Союздорнии