МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ВСЕСОЮЗНЫЙ ДОРОЖНЫЙ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
(СОЮЗДОРНИИ)

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО КОНТРОЛЮ КАЧЕСТВА ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ ДОРОЖНОГО БЕТОНА

Москва 1978

gost.e-ecolog.ru

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 БЕТОНА. Союздорнии. М., 1978.

На основе проведенных исследований для контроля качества поровой структуры дорожного бетона разработана методика определения основных параметров поровой структуры дорожного бетона, а также методика определения характера открытой пористости бетона по кинетике водопоглощения и дан пример определения поровой структуры дорожного бетона.

Табл.2, рис.3.

© Союздорнии, 1978 г.

УДК 666.972.56:539.217.1:658.562

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 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 "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 определений 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" пред - назначены для контроля качества поровой структу р ы дорожного цементобетона, используемого при строи - тельстве покрытий автомобильных дорог и аэродро - мов 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 б е т о н а предусматривает установление соответствия парамет - ров испытуемых образцов бетона требуемым в следующих случаях:

при подборе состава бетонной смеси;

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 об ъ е м а воздушных пор в бетонной смеси с помощью воздухомера.

5. Для контроля качества поровой структуры бетона необходимо определение следующих параметров:

суммарного (интегрального) объема пор $П_и$;

объема открытых (капиллярных) пор $П_к$, т.е. доступных для заполнения водой при принятом режиме водонасыщения;

объема условно-замкнутых пор $П_з$, т.е. не доступных при принятом режиме водонасыщения для заполнения водой. Объем пор $П_з$ 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 $П_з$ можно определять на образцах в возрасте менее 28 суток.

7. Наряду с обязательными параметрами, дополни -

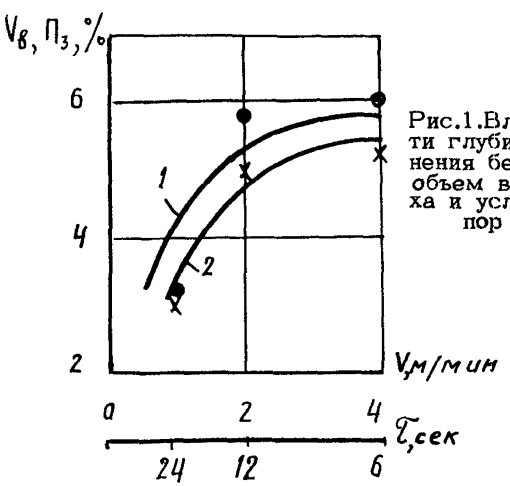


Рис.1.Влияние длительности глубинного виброуплотнения бетонной смеси на объем вовлеченного воздуха и условно-замкнутых пор в бетоне

тельно определяют условные показатели крупности пор и их однородности в соответствии с приложением 1.

8. Для контроля поровой структуры бетона определяющим параметром является объем условно-замкнутых пор $П_з$. 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 $П_п$ (по ГОСТ 12730-67 "Бетон тяжелый. Методы определения объемной массы, плотности, пористости и водопоглощения") определяют по формуле

$$П_п(П) = \left(1 - \frac{m_{об}^{б}}{\rho}\right) \cdot 100\% , \qquad (1)$$

где $m_{об}^{б}$ – объемная масса бетона, высушенного до постоянной массы, г/см^3;

ρ – плотность (удельная масса) бетона, г/см^3.

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

$$П_к = W_1 \cdot \frac{m_v^б}{\rho_в} \text{ или } П_к = \frac{m - m_0}{v} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где W_1 – водопоглощение образца, % по массе, с точностью до 0,1%, определяемое по формуле

$$W_1 = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100\%, \quad (3)$$

$\rho_в$ – плотность воды, г/см^3. $\rho_в = 1$;
m – масса водонасыщенного образца, г;
m_0 – масса образца, высушенного до постоянной массы, г;
v – объем образца-пробы, см^3.

11. Объем воздушных условно-замкнутых пор $П_з$ определяют по формуле

$$П_з = П_и - П_к . \quad (4)$$

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 $\bar{\lambda}_2$ 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°С) с точностью ±5°С;

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, формуемых 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 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-

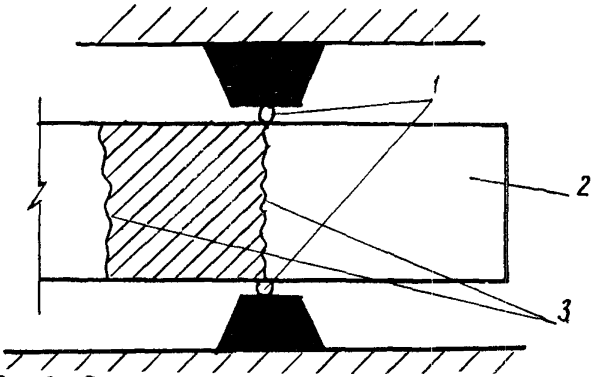


Рис.2. Схема откалывания образцов-проб от контрольных образцов бетона:

1-металлические стержни гладкие из высокопрочной стали Ø5мм; 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°С (по ГОСТ 12730-67) образцы-пробы охлаждают в эксикаторе над хлористым кальцием или силикагелем до комнатной температуры (20±2°С) и взвешивают на воздухе (m_0). Затем образец-пробу помещают в воду, температура которой 20±2°С. Над образцом должен быть слой воды не менее 2 см. Через 5 суток[x] 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 см^3) определяют по формуле

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

объемную массу бетона (в г/см^3) в высушенном до постоянной массы состоянии - по формуле

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

22. Плотность (удельную массу) бетона ρ (в г/см^3) 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 $П_и$, $П_к$ и $П_з$ рассчитывают по формулам (1)-(4) настоящих "Методических рекомендаций" с точностью до 0,1. Зна-

x) 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 (наиболь - шие и наименьшие показатели отбрасываются).

24. При контроле качества поровой структуры бето- на в процессе строительства, при приемке в эксплуата цию и в процессе эксплуатации за эталонные принима- ют значения параметров поровой структуры бетона, по- лученные при подборе его состава.

Ориентировочные значения этих параметров приведе- ны ниже:

Параметры	Значения параметров
Суммарный объем пор $П_п$, %	15–20
Объем открытых пор $П_к$, %	10–15
Объем условно-замкнутых пор $П_з$, %	3–7
Показатель средней крупности пор $\bar{R}_2$ . . .	Не более 3
Показатель однородности пор по размерам α.	Не более 1

25. Качество поровой структуры дорожного бето н а во всех случаях оценивают по величине $П_з$

В необходимых случаях поровую структуру можно оценивать по параметрам $П_п$ и $П_к$ при участ и и представителей Союздорнии.

26. Гарантированная морозостойкость дорожного бе- тона обеспечивается в том случае, если величина $П_з$ находится в пределах 5–6%. При значениях парамет р а $П_з$ менее 3% наблюдается существенное с н и ж е н и е морозостойкости, хотя прочность при этом может по - выситься.

При величине параметра $П_з$ более 6% возмож н о снижение прочности бетона по сравнению с проектной. Получение бетона с проектной прочностью при э т и х значениях $П_з$ приводит к неоправданному увеличе - нию расхода цемента.

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

Приложение 1

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

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

где $\frac{W_t}{W_{max}}$ – степень заполнения капилляра в момент времени 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

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

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 λ отражает разницу в радиусах капилляров. Так как величины λ 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 λ – 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:

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

где W_t – насыщение материала в момент времени t;

W_{max} – максимальное насыщение материалов в условиях опыта;

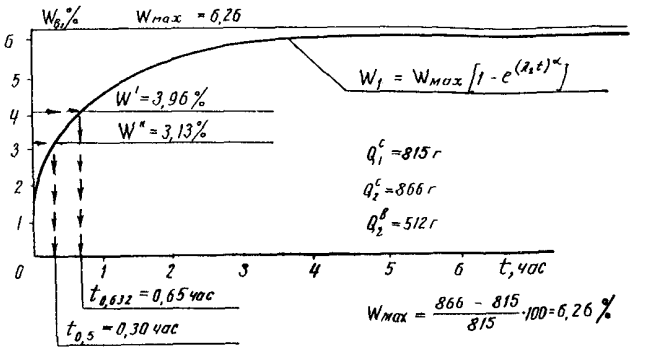
$\bar{\lambda}_2$ – показатель среднего размера капилляров исследуемого материала;

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



$$W_{max} = \frac{866 - 815}{815} \cdot 100 = 6,26\ \%$$

$$\gamma = \frac{815}{866 - 512} = 2,31\ г/см^3$$

$W_0 = 6,26 \cdot 2,31 = 14,5\ \%$

$W' = 6,26 \cdot 0,632 = 3,96\ \%$

$t_{0,632} = 0,65$ час; $\bar{\lambda}_2 = 1,54$; $\bar{\lambda}_2 = \frac{1}{t_{0,632}}$

$W'' = 6,26 \cdot 0,5 = 3,13\ \%$

$t_{0,5} = 0,3$ час; $\alpha = 0,5$

α по нормали

Рис. 3

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)[x].

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

---

[x] 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, отколотом от контрольного образца-балки - 15x15x55 см, и образце-пробе, отколотом от верхней части керна диаметром 13 см, высверленного из бетонного покрытия (возраст бетона 28 суток).

Результаты испытаний приведены в таблице.

Параметры	Образцы, от которых взяты пробы	
	балка 15x15x55см	керн
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_v^1, г/см^3	2,22	2,22
Пористость бетона,% по объему		
$П_и$	15,3	15,2
$П_к$	9,7	11,3
$П_з$	5,6	3,9

Примечание. Плотность (удельная масса) бетона по ГОСТ 12730-67 составляет 2,62 г/см^3.

Анализ данных показывает, что бетон в контрольных 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 и 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 параметров открытой пористости бетона по кинетике водонасыщения 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

gost.e-ecolog.ru