

## Пористый бетон в дорожном строительстве

*И.И. Романенко, И.Н. Петровнина, М.И. Романенко*

*Пензенский государственный университет архитектуры и строительства*

**Аннотация:** Пористый бетон является новым видом бетонов с высокой проницаемостью водных потоков. Целесообразно использовать данный вид бетона в дорожном строительстве для устройства зон фильтрации. Это позволит удалить воду с проезжей части дорог, особенно в местах отсутствия ливневой канализации. Инфильтрация водных потоков через бетонные покрытия тротуаров способствует быстрому их удалению с поверхности, снижению скользкости и аква-планирования. Использование крупнопористого бетона позволит минимизировать затопление автопарковок и дорожного полотна. Результаты исследования подтверждают, что водопроницаемые бетонные поверхности стабильно функционируют с течением времени и не заиливаются песком и грунтом.

**Ключевые слова:** пористый бетон, водопроницаемая поверхность, ливневая канализация, вода.

Современный бетон – это композиционный материал, состоящий из вяжущего, крупного и мелкого заполнителей, химических добавок и тонкомолотых наполнителей. Развитие науки бетоноведения опирается на современные достижения в химии цементов и открытие суперпластификаторов. Многие города мира сталкиваются с растущим количеством автомагистралей, автопарковок и современными жилыми застройками, где возникают вопросы по удалению потоков воды после дождя и таяния снежных масс с горизонтальных поверхностей. В плотной городской застройке наблюдается недостаточная развитость ливне приёмной канализации. Это создает естественный дисбаланс в экосистеме, который приводит к эрозии почвы, наводнениям и истощению подземных грунтовых вод. Управление ливневыми потоками стало важной проблемой для городских муниципалитетов [1, 2]. В связи с этим, целесообразно на дорожных покрытиях в местах перелома профиля организовать фильтрационные участки [3, 4].

Быстрая урбанизация способствует проведению исследований на получение новых материалов, способствующих повышению инфильтрации водных потоков через их поверхность, обладающих высокими эксплуатационными свойствами в течение 5-10 лет.

Проницаемый бетон сегодня является одним из наиболее перспективных и устойчивых материалов. Структура затвердевшего бетона формируется таким образом, чтобы он обладал высоким количеством взаимосвязанных пустот, позволяющих воде просачиваться через сплошность [2, 5].

Проницаемый бетон обладает высоким потенциалом для противодействия этим неблагоприятным факторам, обеспечивая при этом необходимую структурную целостность, тем самым поддерживая непрерывную урбанизацию [6]. Проницаемый бетон в настоящее время находится в стадии серьезных исследований и разработок во многих странах из-за повышенного интереса к его свойствам [7, 8].

Материалы, используемые для проведения исследований. Портландцемент типа I ЦЕМ I 42,5Н. Крупный заполнитель – гранитный щебень с максимальным диаметром зерен 10 мм. Мелкий заполнитель отсутствовал. В качестве мелкодисперсной добавки использовали золу-унос (ЗУ) Гусиноозерской ГРЭС. Зола состоит из шарообразных, стекловидных частичек ( $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), образующихся при сжигании пылевидного угля – молотый антрацит или каменный уголь. Насыпная плотность  $1000 \text{ кг/м}^3$ , истинная плотность –  $2305 \text{ кг/м}^3$ , удельная поверхность по прибору ПСХ-2 –  $600 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Дозировка в бетонную смесь составляет 20-25 % от массы вяжущего.

Суперпластификатор (СП) – MELFLUX 5581 жидкий, концентрация 29 %. Вода-питьевая, водопроводная. Уплотнение производилось вибрацией на площадочном вибраторе во временном интервале от 2 до 5 сек.

---

Твердение образцов бетона происходило в камере нормального твердения при температуре 20-25<sup>0</sup>С и влажности 90 %. Образцы испытывались на прочность при сжатии и пропускную способность воды (фильтрацию). На рис. 1 показана структура затвердевшего бетона.



Рис. 1. – Общий вид структуры пористого бетона

Для испытаний на прочность изготавливались образцы-кубики размером 100×100×100 мм. Состав для испытаний готовили в лабораторном смесителе с избытком. В форму укладывалась бетонная смесь с превышением на 2-3 мм и уплотнялась на вибро площадке соответственно 2, 3, 4 и 5 сек. Отличие образцов заключается временем уплотнения.

Для определения дренирующих свойств изготавливалась площадка сечением 250×250×200 мм, на которую крепился борт и через коническую воронку подавалась вода в течение 1 минуты. Определялся показатель – фильтрация воды (л) через блок площадью 1 м<sup>2</sup> за 1 минуту. Схема испытательной установки представлена на рис. 2. Контактная зона между образцом и бортом гидроизолируется термо пластмассой.

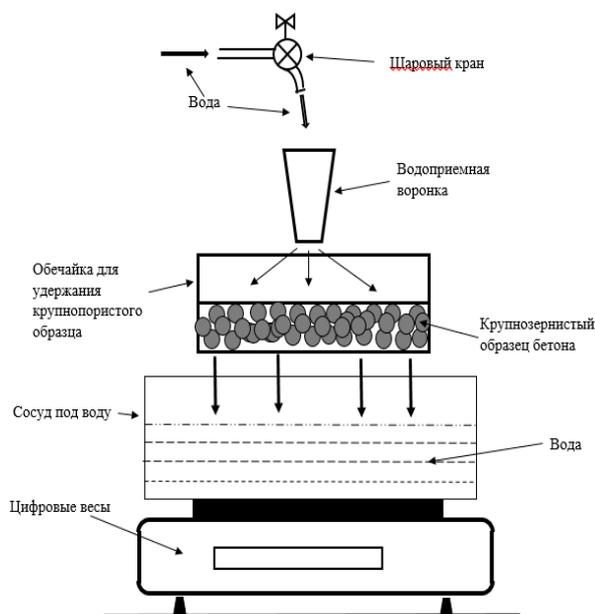


Рис. 2. – Испытательный стенд для определения фильтрации водного потока через пористую структуру

В таблице № 1 представлены составы бетонов, исследованные на прочность и фильтрационные способности.

Таблица № 1

Физико-механические свойства пористого бетона

Маркировка	Расход ингредиентов, гр/л					Время уплотнения, сек.	Прочность на сжатие, МПа	Пористость, %	Фильтрация, л / с×м <sup>2</sup>
	Портланд цемент	ЗУ	Щебень	СП	Вода				
П-1	220	60	1230	1,96	90	2	1,5	35,6	32,0
П-2						3	3,4	29,3	24,8
П-3						4	8,6	20,1	13,1
П-4						5	11,3	15,4	4,8

Полученные результаты показывают, что плотность проницаемых бетонных образцов варьировалась от 1635 до 2025 кг/м<sup>3</sup>. Пористость образцов бетона изменялась от 15,4 % до 35,6 %. Отношения между плотностью и пористостью носит линейную зависимость. Потеря проницаемости связана с отсутствием взаимосвязанных пустот в смеси при высоких плотностях.

Фильтрация бетонных образцов варьируется в диапазоне от 4,8 до 32,0 л/с×м<sup>2</sup>. Зависимости между пористостью, фильтрацией воды сквозь пористый бетон и временем уплотнения (плотностью) показывают, что с уменьшением плотности, увеличивается величина фильтрации воды через поперечное сечение (рис. 3, 4).

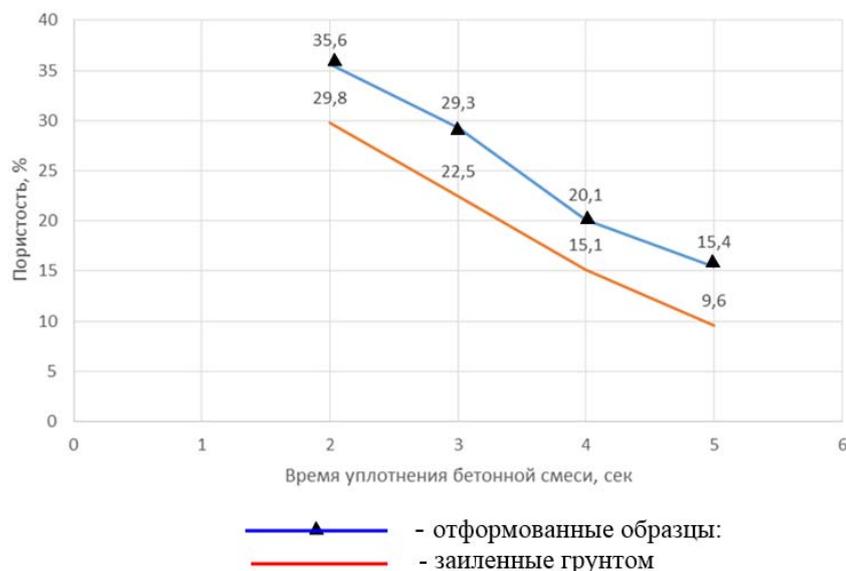


Рис. 3. – Изменение пористости образцов при воздействии грунтовой смеси чернозема и песка в соотношении 50+50 %

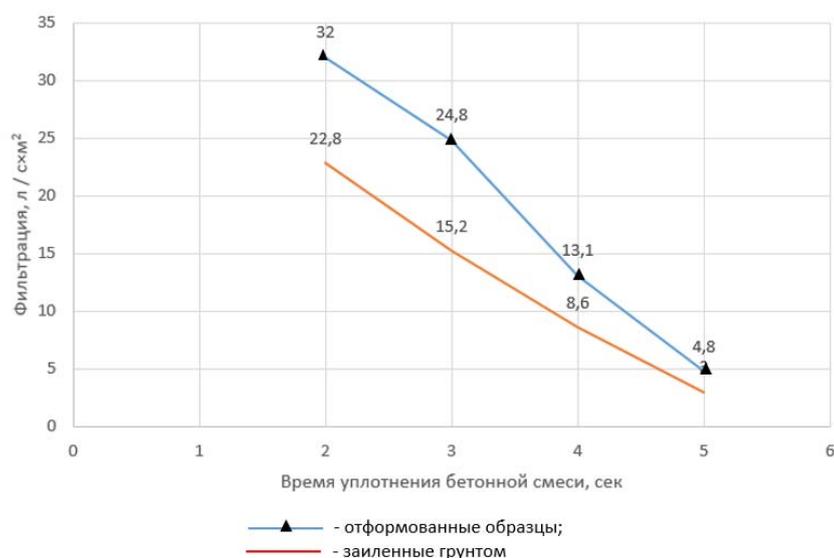


Рис. 4. – Изменение фильтрации образцов при воздействии грунтовой смеси чернозема и песка в соотношении 50+50 %

При использовании фильтрационных бетонных участков в дорожном строительстве возникает опасность заиливания пор грязью. Нами производилась оценка снижения пропускной способности фильтрационного бетона в результате заиливания грунтом. В эксперименте на пористый бетон укладывался грунт – чернозем с песком в соотношении 50+50 % толщиной 30 мм и проливался водой в течение 60 мин. На рис. 3, 4 представлены результаты испытаний.

Пористость уменьшается из-за заиливания открытых пор, взаимосвязанные пустоты устраняются, что приводит в конечном случае к значительному уменьшению проницаемости бетона [9, 10]. Поэтому бетоны с низкой пористостью неэффективно применять для дренирования водных потоков в дорожном строительстве.

На рис. 5 представлена схема организации отвода водных потоков с проезжей части дорог через дренирующие зоны.

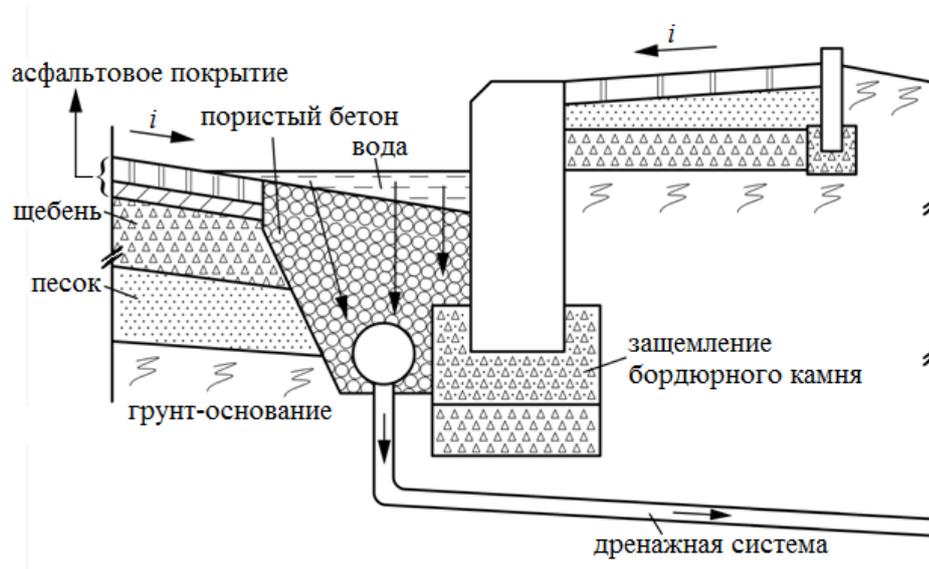


Рис. 5. – Организация отвода водных потоков с проезжей части дорог через дренирующие зоны

Устройство дренирующих зон предлагается организовать вдоль бортового камня в местах скопления водных потоков и резкого изменения профиля дорожного полотна. Эти участки устраиваются шириной не более

1 м, причем прочность бетона на этом участке должна быть не менее 3,4 МПа и пористостью 29-32 %, что позволит обеспечить высокие эксплуатационные свойства.

Таким образом, пористые дорожные материалы обладают большой привлекательностью для развития городской инфраструктуры, ландшафтного строительства и сохранения экологической стабильности. Они могут эффективно быть использованы в качестве дренажных зон для сбора и сброса ливневых потоков в стационарные каналы. Дождевые воды, поглощаемые дорожными материалами, доступны для вторичного использования благодаря фильтрации через пористую структуру материала. Широкое применение пористых бетонов в дорожном строительстве сократят расходы на городскую ливне приёмную сеть.

Тем не менее, пористые материалы обладают внутренним противоречием между невысокой прочностью и водопроницаемостью. Дальнейшие исследования пористых дорожных материалов необходимо сосредоточить на оптимизацию составов с целью повышения прочностных свойств.

### Литература

1. Немчинов М.В. Текстура поверхности дорожных покрытий. МАДИ, М., 2010. 1, 2 т. 380 с.
2. Yu Chen, Kejin Wang, Xuhao Wang, Wenfang Zhou. Strength, fracture and fatigue of pervious concrete // Construction and Building Materials, 2013. № 42. pp. 97-104.
3. Бикбау М.Я. Нано-, микро- и макрокапсуляция – новые направления получения материалов и изделий с заданными свойствами // Сухие строительные смеси. М., 2010. № 1. С. 33–36.



4. Бикбау М.Я. Новые комплексные технологии строительства жилья. // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2011. № 1. 30 с.
5. Aamer Rafique Bhutta M., Tsuruta K., Mirza J. Evaluation of high-performance porous concrete properties // Construction and Building Materials, 2012. 31 p.
6. Girish G., Manjunath R. Rao. A step towards mix proportioning guidelines for pervious concrete // International Journal of Earth Sciences and Engineering, 2011. № 4. pp. 768 -771.
7. Виноградова Е.В. Проблемы управления качеством бетонных работ // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/1001.
8. Несветаев Г.В., Та Ван Фан. Влияние белой сажи и метаксаолина на прочность и деформационные свойства цементного камня // Инженерный вестник Дона, 2012, №4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1110.
9. Романенко И.И., Пинт Э.М., Романенко М.И. Деформации цементного камня приводящие к образованию поверхностных трещин // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, 2012. № 4. С. 32-36.
10. Романенко И.И., Пилясов Б.В. Материал на основе металлургических шлаков для укрепления дорожных оснований // Строительные материалы, 2008. № 12. С. 28-29.

### References

1. Nemchinov M.V. Tekstura poverkhnosti dorozhnykh pokrytiy [Surface texture of road surfaces]. MADI, M., 2010. 1, 2 t., p. 380.
  2. Yu Chen, Kejin Wang, Xuhao Wang, Wenfang Zhou. Construction and Building Materials, 2013. № 42. pp. 97-104.
  3. Bikbau M.YA. Sukhie stroitel'nye smesi. M., 2010. № 1. pp. 33–36.
-



4. Bikbau M.YA. Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tekhnologii XXI veka, 2011. № 1. p. 30.
5. Aamer Rafique Bhutta M., Tsuruta K., Mirza J. Construction and Building Materials, 2012. p. 31.
6. Girish G., Manjunath R. Rao. International Journal of Earth Sciences and Engineering, 2011. № 4. pp. 768 -771.
7. Vinogradova E.V. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/1001](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/1001).
8. Nesvetaev G.V., Ta Van Fan. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2012, №4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1110](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1110).
9. Romanenko I.I., Pint E.H.M., Romanenko M.I. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova, 2012. № 4. pp. 32-36.
10. Romanenko I.I., Pilyasov B.V. Stroitel'nye materialy, 2008. № 12. pp. 28-29.