

**Несветаев Григорий Васильевич**  
Ростовский государственный строительный университет  
Заведующий кафедрой Технологии строительного производства  
Доктор технических наук, профессор  
*Nesvetaev Grigory Vasilievich*  
*Rostov State University of Civil Engineering*  
*Chief at the Department of construction industry technology*  
E-Mail: nesgrin@yandex.ru

05.23.05 Строительные материалы и изделия

## **К вопросу строительства автомобильных дорог с применением цементных бетонов**

### **On the construction of roads using portlandcement concrete**

**Аннотация:** Показана возможность производства цементных бетонов для строительства автомобильных дорог с жесткими одеждами в объемах, соответствующих перспективным планам развития дорожной сети. Выявлен определяющий показатель качества бетона для производственного контроля – предел прочности на сжатие. Сформулированы предложения по уточнению зависимости предела прочности при изгибе от воздухоовлечения

**Abstract:** The possibility of production of portlandcement concrete for the construction of roads with tight clothes in a volume corresponding to future plans for development of the road network. Identified a defining indicator of quality concrete for production control – the ultimate compressive strength. The proposals to clarify the relationship between flexural strength and air entrainment

**Ключевые слова:** Автомобильные дороги; бетон для конструктивных слоев; бетон для дорожных покрытий; прочность при изгибе; морозостойкость; нормативные документы.

**Keywords:** Roads; concrete for structural layers; concrete paving; flexural strength; frost resistance; regulations.

\*\*\*

В связи с низким качеством автомобильных дорог в России, возрастанием объемов грузоперевозок и нагрузки на ось, а также интенсивности транспортных потоков широко обсуждается вопрос о строительстве автомобильных дорог с применением цементных бетонов. Требования к бетону конструктивных слоев автомобильных дорог напрямую регламентируют, в частности, СНиП 2.05.05: В<sub>тб</sub>4, F100-F200 в зависимости от климатических условий, а также ГОСТ 26633. Кроме указанных, можно рассмотреть требования еще ряда нормативных документов, и тогда сводка нормативных требований к бетону и рекомендуемых ограничений для дорог I и II категорий выглядит следующим образом:

Таблица 1

Сводка требований к бетону для конструктивных слоев автомобильных дорог

Нормативный документ	Требования к бетонной смеси, бетону и цементу							
	$B_{tb}$	B	F	В/Ц	Ц, кг/м <sup>3</sup>	ВВ, %	С <sub>3</sub> A, %	Na <sub>2</sub> O, %
СНиП 2.05.02	>4	>30	100–200(II)					
ГОСТ 26633						5-7 >3,5 <sup>1</sup>	<7	<0,8
ГОСТ 31384 (XD3; XF4)		>45		<0,45	>340	>5	<7	
ГОСТ 10060			F100(II) =F400(I); F200(II) =F600(I)					

Примечание: 1 – условно-замкнутая пористость

На основании представленных в табл.1 данных можно подвести итог:

- бетон: класса по прочности на сжатие В45; класса по прочности на изгиб  $B_{tb}4$ ; марка бетона по морозостойкости максимальная F600(I); В/Ц<0,45; Ц>340;
- бетонная смесь: количество вовлеченного воздуха ВВ = 5 - 7% (количество условно-замкнутых пор не менее 3,5%);
- цемент: С<sub>3</sub>A <7%; Na<sub>2</sub>O < 0,8%.

Проанализируем, насколько реально получение бетона с такими свойствами. Для классов по прочности примем коэффициент вариации прочности  $V = 16\%$  (0,16) – условия «плохой» технологии, тогда:

- средний контролируемый предел прочности при изгибе составит

$$R_f = \frac{B_{tb}}{1-1,645V} = \frac{4}{1-1,645 \cdot 0,16} = 5,43 \text{ МПа}, \quad (1)$$

а на сжатие

$$R = \frac{B}{1-1,645V} = \frac{45}{1-1,645 \cdot 0,16} = 61 \text{ МПа}. \quad (2)$$

Величина В/Ц для получения значения прочности в ф.(1) может быть определена по формуле СоюзДорНИИ

$$\begin{aligned} \frac{Ц}{В} &= \frac{R_f}{0,39 \cdot R_{ц}^И \cdot (1 - 0,025ВВ)} + 0,1 = \\ &= \frac{5,43}{0,39 \cdot 5,4 \cdot (1 - 0,025 \cdot 6)} + 0,1 = 3,13, \end{aligned} \quad (3)$$

откуда В/Ц = 0,32.

В ф.(3):  $R_{ц}^И = 5,4$  МПа – активность цемента при изгибе в возрасте 28 сут, соответствующая марке цемента М400 по ГОСТ 10178. Для цемента М500 по ГОСТ 10178 ( $R_{ц}^И = 5,9$  МПа) получим В/Ц = 0,35. Поскольку реальная активность цемента может превышать минимальные требования, установленные ГОСТ, фактическая величина В/Ц может быть несколько выше.

Величина В/Ц для определения предела прочности на сжатие может быть определена из формулы [1]

$$R = (1 - BV)^{3,3} \frac{a \cdot R_{ц}}{\left(\frac{B}{Ц}\right)^{1,39}}; \quad 61 = (1 - 0,06)^{3,3} \frac{0,3 \cdot 39,2}{\left(\frac{B}{Ц}\right)^{1,39}}, \quad (4)$$

откуда для цемента М400 по ГОСТ 10178 В/Ц = 0,264, а для цемента М500 В/Ц = 0,31. Поскольку реальная активность цемента может превышать минимальные требования, установленные ГОСТ, фактическая величина В/Ц может быть несколько выше.

Морозостойкость бетона может быть определена по формуле [1]

$$F = 2\left(\frac{B}{Ц}\right)^{-5,7} + \Delta F; \quad 600 = 2\left(\frac{B}{Ц}\right)^{-5,7} + 50, \quad (5)$$

откуда В/Ц = 0,37.

В ф.(5) –  $\Delta F$  – увеличение морозостойкости бетона вследствие регулируемого воздухоувлечения в бетонную смесь (50 – 200 циклов).

Сводные данные по величине В/Ц представлены в табл.2.

**Таблица 2**

**Расчетные значения В/Ц для обеспечения показателей качества бетона**

Марка цемента по ГОСТ 10178	Величина В/Ц для обеспечения требуемой		
	прочности на сжатие	прочности на изгиб	морозостойкости
М400	0,26	0,32	0,37
М500	0,31	0,35	

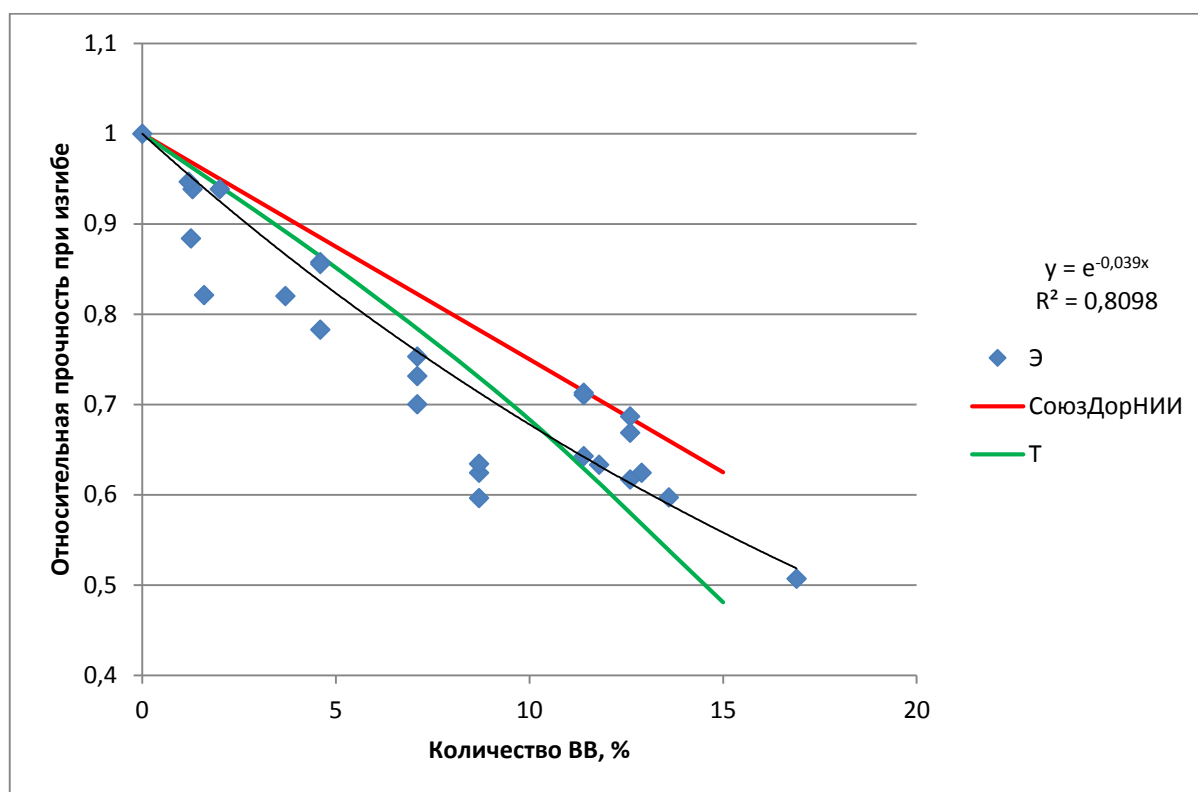
Таким образом, принимая соответствующую величину В/Ц и соблюдая требования нормативных документов по качеству материалов для бетона и технологический регламент производства бетонной смеси и бетонных работ, можно получить бетон для конструктивных слоев автомобильных дорог, соответствующий требованиям всех нормативных документов. Важно отметить, что «контролирующим» фактором в рассматриваемом примере является предел прочности на сжатие, что упрощает процедуру контроля при производстве бетонных работ, поскольку принимая величину В/Ц для получения необходимой прочности на сжатие, теоретически получаем «автоматическое» обеспечение других показателей. Поскольку водопотребность бетонных смесей для рассматриваемых бетонов с учетом применения добавок составляет примерно 150 л/м<sup>3</sup>, расход цемента (с учетом реальной активности) составит примерно 460 – 500 кг/м<sup>3</sup>.

В связи с вышеизложенным с технической стороны проблема производства бетонов соответствующего качества для конструктивных слоев автомобильных дорог вполне разрешима. Можно отметить только, что для зависимости ф.(3) можно предложить незначительную корректировку, поскольку по нашим данным (рис. 1), снижение прочности при изгибе при воздухоувлечении происходит более резко, чем это следует из ф.(3). Согласно [1], соотношение между пределом прочности при изгибе и сжатии может быть представлено в виде

$$R_f = kR^{0,6}, \quad (6)$$

а изменение прочности на сжатие составляет примерно 5% на 1% вовлеченного воздуха, тогда изменение прочности при изгибе составит (линия Т на рис.1) примерно 3% на 1% вовлеченного воздуха (ВВ). Из представленных на рис. 1 данных в наиболее интересной области до 7% ВВ следует снижение примерно на 3,4% на 1% ВВ. Однако следует отметить,

что такое различие, если принять его и скорректировать ф.(3), дает расхождение значения прочности при 7% ВВ не более 10%.



**Рис. 1.** Зависимость предела прочности при изгибе от воздухововлечения

Но у проблемы строительства автомобильных дорог с применением жестких дорожных одежд может быть и другая сторона – обеспеченность цементом. Дорога I категории четырехполосная шириной 16 м и толщиной 24 см потребует минимум 3900 м<sup>3</sup>/км бетонной смеси, или ориентировочно 1850 т портландцемента. Мощности России по производству цемента составляют в настоящее время порядка 80 млн. т. В 2012 г. потребление цемента строительной отраслью составило порядка 65 млн. т, в т.ч. импортированного – порядка 8 млн. т.

Таким образом, без ущерба для строительной отрасли потенциально может быть задействовано не более 15 млн. т отечественного цемента, а с учетом того, что нормальная производительность цементных заводов составляет 70 – 80% мощности, и того меньше. Конечно, возможно увеличение за счет импортных поставок, но для производства дорожных бетонов необходим портландцемент бездобавочный с нормированным минералогическим составом клинкера (ПЦ Д0 Н; ЦЕМ I Н), а он у импортеров встречается не часто.

Кроме того, цемент с нормированным составом клинкера требуется на многих объектах и производится не всеми заводами России, так что «привлечь» в дорожное строительство на первых этапах более 3 млн. т в год вряд ли удастся. Это ориентировочно 1500 км указанной выше дороги в год (в 2011г. в России построено около 300 км федеральных дорог, в 2012 – 220 км, в планах «Автодора» к 2030 г. строительство 12000 км скоростных дорог, или порядка 800 км/год, считая с 2016). Так что цемент, в принципе, есть...

## ЛИТЕРАТУРА

1. Несветаев Г.В. Бетоны: учебное пособие. Изд. 2-е, доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2013. – 381 с.

**Рецензент:** Маилян Дмитрий Рафаэлович, заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор, Ростовский государственный строительный университет.