

# ПРИМЕНЕНИЕ ВЯЖУЩЕГО НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОНА И СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Ускорение темпов жилищного строительства — одна из важнейших задач национального проекта Российской Федерации. Поэтому необходимость максимальной мобилизации всех резервов в полной мере относится и к рациональному использованию материальных ресурсов.

Порядка 75–80% прироста потребностей могут быть удовлетворены за счет широкого использования вторичных ресурсов и отходов промышленности. Так как основные потребители цемента — предприятия строительной индустрии, главным направлением его экономного расходования является:

- совершенствование технологии приготовления современных бетонов;
- применение эффективных пластифицирующих добавок;
- замена части цемента минеральными добавками, вторичными ресурсами (зола-унос, золошлаковые отходы ТЭС, тонкодисперсные гранулированные доменные шлаки и др.);
- разработка и организация массового производства высокоэффективных многокомпонентных вяжущих веществ.

Технология производства вяжущих низкой водопотребности (ВНВ) была разработана более 20 лет назад для повышения качества цемента и увеличения его производства. В 1988 г. ВНИИЖелезобетона Госстроя СССР сделал сообщение для ведущих специалистов Госстроя СССР и строительных министерств об успешных исследованиях по дальнейшему эффективному использованию суперпластификатора С-3 с целью получения цементов и многокомпонентных вяжущих веществ низкой водопотребности и высокой активности. Результатом исследований явилось вяжущее вещество низкой водопотребности (ВНВ), позволяющее снизить расход цемента на 70% и обеспечить прочность образцов-кубов при сжатии до 1 500 кг/см<sup>2</sup>. ВНВ получили путем совместного помола цемента марки 400 и сухого суперпластификатора С-3, при этом в различных марках ВНВ взамен части цемента использовали речной песок (ВНВП), гранулированный шлак (ВНВШ) и другие добавки.

Экспериментальные производственные испытания разработанной технологии были проведены в территориальных подразделениях Минсевзапстроя СССР (концер-

Табл. 1. Результаты испытаний бетона классов В25 – В30 на основе ВНВ

| Марка вяжущего             | Дисперсность вяжущего, м <sup>2</sup> /кг | Расход вяжущего (в том числе цемента) на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси, кг | В/В  | ОК, см | Предел прочности бетона при сжатии, МПа (%) |               |                               |               |
|----------------------------|---|--|------|--------|---|---------------|-------------------------------|---------------|
|                            |   |  |      |        | после тепловлажностной обработки            |               | после естественного твердения |               |
|                            |   |  |      |        | через 4 ч.                                  | через 28 сут. | через 28 сут.                 | через 60 сут. |
| Портландцемент М400        | 360                                       | 446  | 0,44 | 7      | 36,6 (100)                                  | 53,8 (100)    | 46,7 (100)                    | —             |
| Портландцемент М400 + С-3* | 360                                       | 456  | 0,31 | 10     | 48,3 (132)                                  | 54,8 (102)    | 49,6 (106)                    | —             |
| ВНВШ-30                    | 380                                       | 470 (141)  | 0,34 | 5      | 22 (60)                                     | 34,6 (65)     | 35,8 (77)                     | —             |
| ВНВШ-30                    | 450                                       | 470 (141)  | 0,3  | 7      | 34,7 (95)                                   | 47 (88)       | 48 (103)                      | —             |
| ВНВШ-50                    | 450                                       | 467 (223)  | 0,31 | 7      | 50 (137)                                    | 62 (116)      | 67 (143)                      | —             |
| Портландцемент М400 + С-3  | 450                                       | 335  | 0,42 | 6      | —   | —             | 31,8 (100)                    | 38,3 (100)    |
| ВНВШ-50                    | 450                                       | 335 (167)  | 0,32 | 5      | —   | —             | 35,8 (112)                    | 67,6 (176)    |
| ВНВШ-50                    | 450                                       | 335 (167)  | 0,32 | 6      | —   | —             | 34,7 (109)                    | 65 (170)      |
| ВНВШ-50                    | 450                                       | 335 (167)  | 0,31 | 5      | —   | —             | 45 (141)                      | 66,5 (174)    |
| Портландцемент М400 + С-3  | 450                                       | 400  | 0,43 | 4      | —   | —             | 36,5 (100)                    | 40,5 (100)    |
| ВНВШ-50                    | 450                                       | 400 (200)  | 0,31 | 5      | —   | —             | 39,6 (108)                    | 54 (133)      |
| ВНВШ-50                    | 450                                       | 400 (200)  | 0,32 | 4      | —   | —             | 41,2 (113)                    | 56,4 (140)    |

\* С-3 вводился в жидком виде при приготовлении бетонной смеси.

на «Россевзапстрой»): на заводе ЖБИиК ТСО «Череповецметаллургхимстрой» (АО «Череповецпромстрой»), где использована помольная установка СМ-1456 (рис. 1), на заводе «Стройиндустрия», ТСО «Горькийстрой» (аналогичная установка, фирма «Нижегородстрой»), на Тульском заводе строительных материалов ТСО «Тула-

строй» («Туластрой сервис»), где использована помольная установка ШБМ-250х390 (рис. 2). Принципиальные схемы производства ВНВ на этих предприятиях обусловлены принятой технологией и имеющимся оборудованием.

На заводе ЖБИиК получено более 800 т ВНВШ-50, из которых изготовлена опыт-

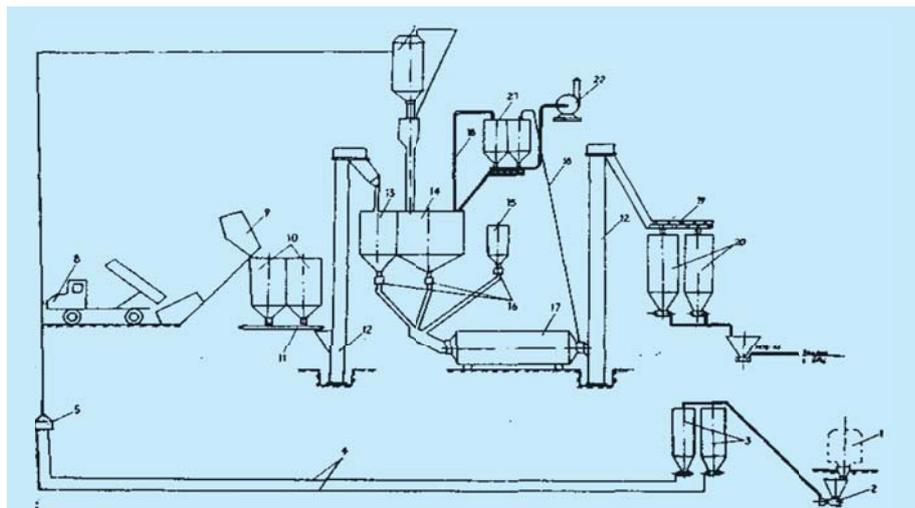


Рис. 1. Принципиальная технологическая схема производства ВНВ на заводе ЖБИиК (г. Череповец):

- 1 – железнодорожный вагон; 2 – пневмовинтовой насос К-97-0-0-0-С; 3 – емкости для хранения цемента;
- 4 – цементопроводы (диам. 219 мм); 5 – двухходовой переключатель ДП-200; 6 – цементопровод (диам. 159 мм);
- 7 – циклон; 8 – автомашина; 9 – скиповый подъемник; 10 – емкости для хранения гранулированного шлака (23 и 30 т); 11 – ленточный конвейер; 12 – элеватор Т-52; 13 – расходный бункер шлака (4 т); 14 – расходный бункер цемента (6 т); 15 – емкость для хранения суперпластификатора С-3 (0,1 м<sup>3</sup>); 16 – дозаторы; 17 – шаровая мельница СМ-1456; 18 – отсосы; 19 – шнек (диам. 500 мм); 20 – емкости для хранения ВНВ; 21 – фильтровальная установка СМЦ-186; 22 – пылевой вентилятор Ц-4-70М8

Табл. 2. Результаты испытаний бетона класса В35 на основе ВНВ

| Марка вяжущего  | Дисперсность вяжущего, мг/кг | Расход вяжущего (в том числе цемента) на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси, кг | В/В  | ОК, см | Предел прочности бетона при сжатии, МПа (%) |               |   |
|---|------------------------------|--|------|--------|---|---------------|---|
|   |                              |  |      |        | после тепловлажностной обработки            |               | после естественного твердения через 28 сут. |
|   |                              |  |      |        | через 4 ч                                   | через 28 сут. |   |
| Портландцемент М400 (Старооскольский цементный завод) | 240                          | 500  | 0,37 | 12     | 36,7 (100)                                  | 47,5 (100)    | 565 (100)                                   |
| ВНВ-100   | 325                          | 500  | 0,19 | 18     | 53,9 (147)                                  | 48,4 (102)    | 75,5 (134)                                  |
| ВНВ-100   | 445                          | 500  | 0,26 | 1      | 81,7 (223)                                  | 88,2 (186)    | 81,9 (145)                                  |
| ВНВШ-20   | 460                          | 500 (100)  | 0,29 | 4      | 50,1 (136)                                  | 55,5 (117)    | 57,5 (102)                                  |
| ВНВШ-30   | 440                          | 500 (150)  | 0,27 | 10     | 41,1 (112)                                  | 41,2 (87)     | 58,5 (103)                                  |
| ВНВШ-50   | 420                          | 500 (250)  | 0,24 | 12     | 61,3 (167)                                  | 60,3 (127)    | 83 (147)                                    |
| ВНВП-50   | 440                          | 500 (250)  | 0,25 | 11     | 38 (103)                                    | 38,6 (81)     | 63,5 (112)                                  |

Табл. 3. Результаты испытаний бетона класса В35 на основе ТМЦ

| Расход вяжущего на 1 м <sup>3</sup> бетонной смеси, кг |                   | Дисперсность ТМЦ 420 м <sup>2</sup> /кг |        |   | Дисперсность ТМЦ 450 м <sup>2</sup> /кг |      |        |   |               |
|--|-------------------|---|--------|---|---|------|--------|---|---------------|
| Портландцемент (Старооскольский цементный завод)       | Шлак тонкомолотый | В/В                                     | ОК, см | Предел прочности бетона при сжатии после ТВО, МПа (%) |   | В/В  | ОК, см | Предел прочности бетона при сжатии после ТВО, МПа (%) |               |
|  |                   |   |        | через 4 ч.  | через 28 сут.                           |      |        | через 4 ч.  | через 28 сут. |
| 500  | —                 | 0,4                                     | 5      | 37,1 (100)  | 47,5 (100)                              | —    | —      | Контрольный образец-куб                               |               |
| 250  | 250               | 0,35                                    | 5      | 47,9 (129)  | 56,5 (119)                              | 0,29 | 5      | 51,2 (138)  | 62,5 (131)    |
| 200  | 300               | 0,33                                    | 5      | 54 (145)  | 55,7 (117)                              | 0,29 | 5      | 61,5 (166)  | 70,5 (148)    |
| 300  | 200               | 0,33                                    | 6      | 38 (102)  | 58,6 (123)                              | 0,28 | 5      | 49 (132)  | 57,8 (122)    |
| 350  | 150               | 0,33                                    | 5      | 319 (105)   | 48 (101)                                | 0,31 | 6      | 51,5 (139)  | 64,6 (136)    |
| 150  | 350               | 0,32                                    | 5      | 52 (140)  | 53 (111)                                | 0,23 | 7      | 60 (162)  | 65,3 (137)    |

ная партия дорожных плит (бетон марки 400), показавших при испытании (табл. 1) все прочностные характеристики тяжелого бетона, также был приготовлен дорожный бетон марки 300. При отработке технологии на заводе были сделаны лабораторный и производственный подборы технологических параметров процесса совместного

помола цемента, доменного гранулированного шлака, сухого суперпластификатора. При помоле вяжущего на шаровой мельнице СМ-1456 до показателя удельной поверхности 4 500 см<sup>2</sup>/г ее производительность составила 2,4 т/ч. В тресте «Оргтехстрой» ТСО «Туластрой» («Туластрой сервис») проведены лабораторные исследования и экспери-

ментальные производственные испытания технологии получения ВНВ и тонкомолотого многокомпонентного цемента (ТМЦ) на цементах Старооскольского и Косогорского цементных заводов. На Тульском заводе строительных материалов изготовлены четыре опытные партии ВНВШ-50 и ВНВП-50 на Щекинском заводе железобетонных изделий выпущены фермы пролетом 12 и 18 м (бетон марки 300), а также подоконные доски и фундаментные блоки (бетон марки 200). Испытания бетона с использованием ВНВ показали (табл. 2), что расход цемента снижается до 80% с одновременным повышением прочности на 36% через 4 ч., на 17% через 28 сут. после тепловлажностной обработки и на 2% при естественном твердении. Такая прочность ВНВ может быть объяснена высокой плотностью цементного камня.

В лабораторных условиях приготовление ТМЦ производили с помощью двухкамерной шаровой мельницы (размер 0,5 x 0,56 м) периодического действия, а испытание бетона — по методике «Гипроцемента», когда характеристика измельчаемости представляется в виде функциональной зависимости удельного расхода электроэнергии от тонкости помола, выражаемой величиной удельной поверхности или остатка на сите. В ходе исследований определяли кинетику измельчения путем периодического отбора проб вяжущего материала с последующим определением удельной поверхности (S, см<sup>2</sup>/г).

В качестве минеральной добавки при получении ТМЦ применяли гранулированный доменный шлак НПО «Тулачермет» Министерства черной металлургии СССР. Как пластифицирующую добавку использовали суперпластификатор С-3 в жидком виде (0,7% от массы вяжущего, введенного в бетонную смесь с водой затворения), что явилось оптимальным вариантом при применении ТМЦ с удельной поверхностью 4 500 см<sup>2</sup>/г при расходе портландцемента 150 кг на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси (табл. 3). Испытания бетона на основе ТМЦ показали, что расход цемента снижается до 70% с одновременным повышением прочности на 62% через 4 ч. и на 37% через 28 суток после тепловлажностной обработки.

На действующей технологической линии завода «Стройиндустрия» ПКО «Железобетон» ТСО «Горькийстрой» (фирма «Нижегородстрой») получена опытная партия ВНВП-50 (3 т), из которой на заводе ЖБК-3 (г. Заволжье) по подобранному составу бетона изготовлена опытная партия ригелей марки Р-40-27 (бетон марки 300) серии ИИ-04-3. Ригели испытаны в соответствии с требованиями ГОСТ 8829-85. Прочность бетона после тепловлажностной обработки (распалубочная) составила 219 кг/см<sup>2</sup>, а на момент испытания — 358 кг/см<sup>2</sup>, что подтвердило правильность лабораторного подбора составов.

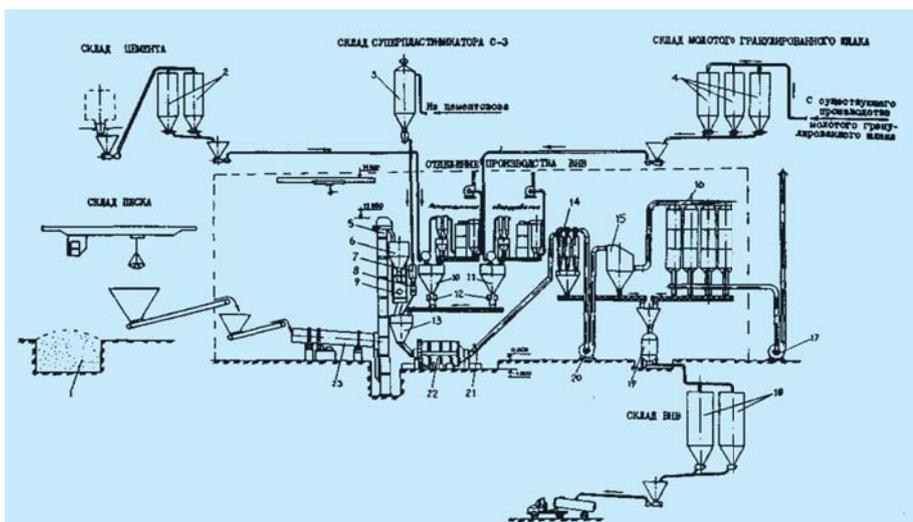


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема производства ВНВ на Тульском заводе стройматериалов:

1 – склад песка; 2 – силосный склад цемента; 3 – емкость для хранения суперпластификатора С-3; 4 – силосный склад молотого гранулированного шлака; 5 – элеватор ЦС-320; 6 – расходный бункер песка (9,6 м<sup>3</sup>); 7 – расходный бункер суперпластификатора С-3; 8 – дозатор ДБЦ-400; 9 – дозатор ДБЦ-2000; 10 – расходный бункер цемента (9 м<sup>3</sup>); 11 – расходный бункер шлака (9 м<sup>3</sup>); 12 – дозаторы СБ-71А; 13 – приемный бункер отдозированных материалов; 14 – циклоны ЦН-15-800 (6 шт.); 15 – батарейный циклон ПБЦ-25; 16 – рукавный фильтр СМЦ-101А; 17, 20 – центробежные пылевые вентиляторы В-ЦП6-45-8-01; 18 – силосный склад хранения ВНВ; 19 – однокамерный пневматический насос ТА-23А; 21 – дроссельная заслонка; 22 – шаровая мельница ШБМ-250х390; 23 – сушильный барабан СМ-1013

Таким образом, в результате лабораторных исследований и экспериментальных производственных испытаний бетонов, полученных на основе совместного помола портландцемента различных марок и минеральных добавок в присутствии суперпластификатора С-3, выявлены рациональные области эффективного применения ВНВ и ТМЦ на предприятиях строительной индустрии Минсевзапстрой СССР (ОАО «Россевзапстрой»): использование тонкодисперсного ВНВ и ТМЦ на основе портландцемента М400 и гранулированного доменного шлака позволяет выпускать высокопрочные бетоны (марок 500–800) или низкомарочные бетоны с экономией цемента до 80%, а использование тонкодисперсного ВНВ на основе строительного

песка — бетоны марок 200–300 с экономией портландцемента до 50% в расчете на 1 м<sup>3</sup> бетона. С учетом расхода цемента при выпуске ВНВ и ТМЦ обеспечивается экономия 40–70% цемента. Это позволяет рекомендовать их для широкого внедрения. Результаты исследований внедрены на заводах строительных материалов и заводах ЖБК ОАО «Россевзапстрой» РФ. Бетоны с добавкой шлака характеризуются повышенной сульфатостойкостью, удовлетворительной морозостойкостью и рядом других положительных свойств. При этом обеспечивается значительная экономия цемента. ●

**М. А. ФАХРАТОВ, д. т. н., профессор,**  
**В. И. СОХРЯКОВ, старший преподаватель,**  
**Я. И. МОРОЗОВА, М. А. ГОНЧАРОВА,**  
**студенты VI курса специальности**

**ПСК (производство строительных материалов, изделий и конструкций).**

**Кафедра технологии вяжущих материалов и бетонов**  
**Московской государственной академии коммунального хозяйства и строительства**

#### Литература

1. Бабаев Ш. Т., Малков В. Ю., Фахратов М. А., Горшков В. Б., Васильев Ю. А. «Опыт выпуска и применения высокоэффективных вяжущих веществ в территориальных подразделениях Минсевзапстрой СССР». Научно-технический информационный сборник, №7. — М., 1989 г.

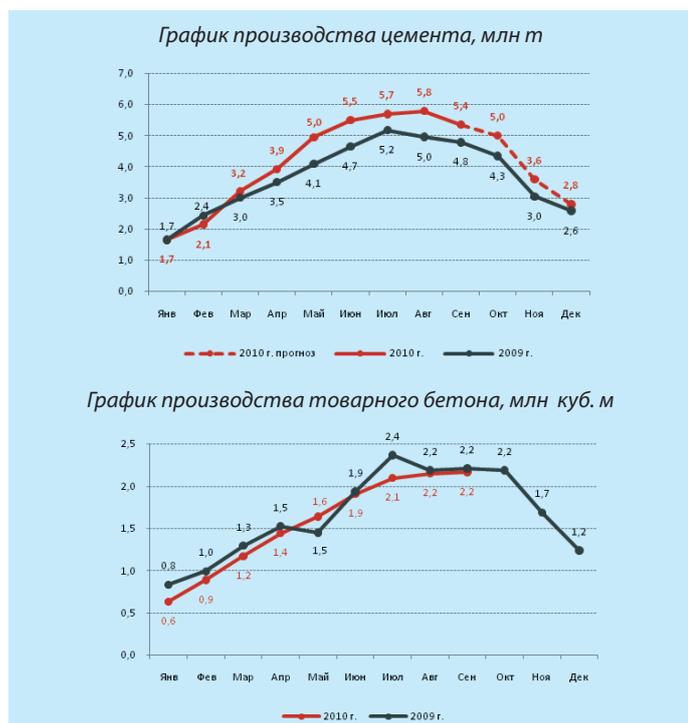
2. Кальгин А. А., Фахратов М. А., Кикава О. Ш., Баев В. В. «Промышленные отходы в производстве строительных материалов». — М., 2002 г.

## РЫНОК ЦЕМЕНТА И БЕТОНА В 2010 ГОДУ

Год подходит к концу. Аналитики подводят предварительные итоги развития отдельных сегментов рынка строительных материалов. По традиции, к наиболее важным показателям специалисты относят динамику производства и цен относительно цемента и бетона. Производство цемента в сентябре 2010 г. увеличилось на 11,7% к уровню сентября прошлого года, но уменьшилось по сравнению с августом текущего года на 7,8% — до 5,4 млн т. Производство с начала 2010 г. увеличилось на 11,6% к соответствующему периоду 2009 г. и составило 38,3 млн т. Несмотря на сезонное снижение объемов производства средняя цена на цемент продолжила движение вверх и достигла 2 270 руб./т цемента (цена производителя без НДС и доставки) — вероятно, заключительная попытка производителей получить максимальную прибыль от реализации продукции в уходящем строительном сезоне. По итогам девяти месяцев 2010 г. средняя цена на цемент составляет 2 111 руб./т (цена производителя без НДС и доставки). Остаются актуальными сделанные ранее прогнозы на 2010 год: среднегодовая цена на цемент — не

более 2 115 руб./т, объем производства — около 50 млн т цемента. Производство товарного бетона в сентябре 2010 г. уменьшилось на 1,9% к уровню сентября прошлого года и составило 2,2 млн куб. м, в январе — сентябре 2010 г. — на 4,8% к соответствующему периоду 2009 г. и составило 14,1 млн куб. м. Среднемесячная цена (цена производителя без НДС и доставки) продолжила повышение и достигла 2 847 руб./куб. м (+3% к августу 2010 г.). ●

Статистический анализ выполнен компанией  
ООО СМРPro ltd (Москва)



### ЗАВОД ЖБИ

Ленинградская область

**ПРОДАЖА**



- 4500 м<sup>3</sup> / месяц
- С з.у. — 3,8 Га
- С цеха — 10600 м<sup>2</sup>
- Эл. мощность — 1 мВт
- Ж.д.; Газ; Пар



+7-921-935-29-17 +7-812-333-14-47  
www.kdsk.spb.ru e-mail: office@kdsk.spb.ru