

Міністерство освіти і науки України
Академія будівництва України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Північно-Західне територіальне відділення АБУ

**РЕСУРСОЕКОНОМНІ
МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ,
БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ**

Збірник наукових праць

Випуск 26

122

Рівне-2013

Зареєстрований Міністерством юстиції України (свідоцтво КВ 16390-4871
ПР від 02.02.2010).

Затверджений Президією ВАК України як фахове видання (Бюлєтень
ВАК України, № 6, 2010 р.)

Матеріали збірника схвалені на засіданні Вченої ради університету і
рекомендовані до видання (протокол № 8 від 30 вересня 2013 р.).

Наведені нові результати фундаментальних та прикладних досліджень в
області будівельних матеріалів та технологій їхнього виготовлення.

Призначений для наукових працівників, спеціалістів проектних
організацій і виробничих підприємств будівельної галузі, докторантів,
асpirантів та студентів навчальних закладів будівельного напряму.

Редакційна колегія

Бабич С.М., д.т.н., професор - відповідальний редактор (Національний університет
водного господарства та природокористування); Борисюк О.П., к.т.н., доцент,
відповідальний секретар (Національний університет водного господарства та
природокористування); Азізов Т.Н., д.т.н., професор (Уманський державний
педагогічний університет імені Павла Тичини); Барашников А.Я., д.т.н., професор
(Київський національний університет будівництва і архітектури); Більхарський З.Я.,
д.т.н., професор (Національний університет будівництва і архітектури); Гіроль М.М.,
д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та
природокористування); Гідальць Б.Г., д.т.н., професор (Національний університет
“Львівська політехніка”); Гончаренко Д.Ф., д.т.н., професор (Харківський державний
технічний університет будівництва і архітектури); Дворкин Л.Й., д.т.н., професор
(Національний університет водного господарства та природокористування);
Дорогачев В.С., д.т.н., професор (Одеська державна академія будівництва і
архітектури); Масюк Г.Х., к.т.н., професор, (Національний університет водного
господарства та природокористування); Павліков А.М., д.т.н., професор
(Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка); Пічугін С.Ф.,
д.т.н., професор (Полтавський національний технічний університет ім.
Ю. Кондратюка); Трач В.М., д.т.н., професор (Національний університет водного
господарства та природокористування); Яременко О.Ф., д.т.н., професор (Одеська
державна академія будівництва і архітектури).

Технічний секретар – Прохонюк Л.С

Адреса редакції: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП

ISSN 2218-1873
ISBN 966-7447-21-9

© Національний університет водного
господарства та природокористування, 2013

НИЗЬКОЕНЕРГОСМІНІ В'ЯЖУЧІ, БЕТОНИ І РОЗЧИНІ

Матеріали VIII науково-технічного семінару
(30...31 жовтня 2013 р., м. Рівне, НУВГП)

«Структура, властивості та склад бетону»



за підтримки:

Північно-західного територіального відділення
Академії будівництва України

ТОВ «КНАУФ Гіпс Україна»
ТОВ НВП «МІСТІМ»

УЛУЧШЕНІ МЕХАНІЧНИХ СВОЙСТВ БЕТОНА ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕННЯ НАПОЛІНТЕЛЕЙ І ВНЕШНІЄЙ АКТИВАЦІЇ

ПОЛІШЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ НАПОВНЮВАЧІВ І ЗОВІШНЬОЇ АКТИВАЦІЇ

IMPROVE THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONCRETE THROUGH THE USE OF FILLERS AND THE EXTERNAL ACTIVATION

Ткаченко Г.Г., к.т.н. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

Ткаченко Г.Г., к.т.н. (Одеська державна академія будівництва та архітектури, м. Одеса)

Tkachenko G.G. PhD (Odessa State Building and Architecture Academy, Odessa)

Показана можливість улучшення фізико-механіческих властивостей цементних композитів за счет внешнієї електромагнітної активації з поміщю фрактально-матричних резонаторів. Изучена можливість підвищення прочності матеріалу за счет применения рациональних по кількості та дисперсності наповнителів.

Показана можливість полішення фізико-механічних властивостей цементних композитів за рахунок зовішньої електромагнітної активації за допомогою фрактально-матричних резонаторів. Вивчено можливість підвищення міцності матеріалу за рахунок застосування рациональних за кількістю та дисперсності наповнівачів.

The possibility of increasing the strength of cements compositions by an external electromagnetic field is activated. The efficiency of activation using fractal-matrix resonators. Shows the results of the solution of increasing the strength of cement compositions and materials on their basis through the use of sound in quantity and surface area of fillers.

Ключові слова:

Внешняя активация, фрактально-матричные резонаторы, наполнитель. Зовішня активація, фрактально-матричні резонатори, наповнівач. External activation, fractal-matrix resonators, filler.

Состояние вопроса и задачи исследования. Многочисленные исследования специалистов показывают, что на структуру и, соответственно, на физико-механические свойства цементных композитов как открытых систем значительное влияние оказывают внешние и внутренние факторы. Данное влияние происходит через изменение кинетики и характера протекания физико-химических процессов организации структуры при гидратации вяжущих. Для улучшения механических характеристик бетонов применяется активация вяжущих различными способами [1,2]. Проведенные исследования показывают, что одним из эффективных и не требующих затрат энергии способом внешней активации цементных композитов является применение матриц - модификаторов электромагнитных воздействий [3]. Совместное применение матриц с рациональными наполнителями позволяет изменить структуру бетона [4-6] и, тем самым, улучшить его механические свойства [7]. Соответственно, основной задачей данного исследования было повышение механических свойств цементных композитов за счет изменения организаций их структуры путем изменения параметров внешних электромагнитных воздействий (внешняя активация) и использования рациональных наполнителей.

Организация экспериментов. Прочностные характеристики композитов контролировались в возрасте 28 суток (твердение в нормальных условиях) и после 160 суток хранения в естественных условиях ($T=20\pm4^{\circ}\text{C}$; $\phi=60\ldots90\%$). Производилась внешняя активация твердеющих систем фрактально-матричными резонаторами, представляющими собой платы, на которых печатным образом нанесен специальный геометрический рисунок графитосодержащей краской [5].

Проводился 2-х факторный эксперимент [8], в котором изменялось количество наполнителя ($X_1=25\pm10\%$ от массы цемента) и его удельная поверхность ($X_2=300\ldots200\text{м}^2/\text{кг}$). Параллельно проводилось две серии экспериментов. Одна учитывала только влияние наполнителей на изменение свойств твердеющих и затвердевших цементных композитов. Во второй по тому же плану анализировалось влияния наполнителя совместно с внешней активацией.

Применяемые методы активации позволяли получать образцы, которые показывали повышенное значение R_{bt} , что побудило необходимость изменить методику определения прочности на растяжение при изгибе. Определение R_{bt} проводили с использованием приставки к прессу типа ПСУ-10. Испытания проводились по трехточечной схеме. Нагрузка от пресса передавалась на воспринимающие устройства приставки и от нее передавалась на образец.

Результаты экспериментов. Построенные по соответствующим экспериментально-статистическим (ЭС) моделям [8] графические зависимости влияния количества и дисперсности наполнителя, а также наполнителя совместно с внешней активацией на прочность цементного камня на растяжение при изгибе представлены на рис. 1.

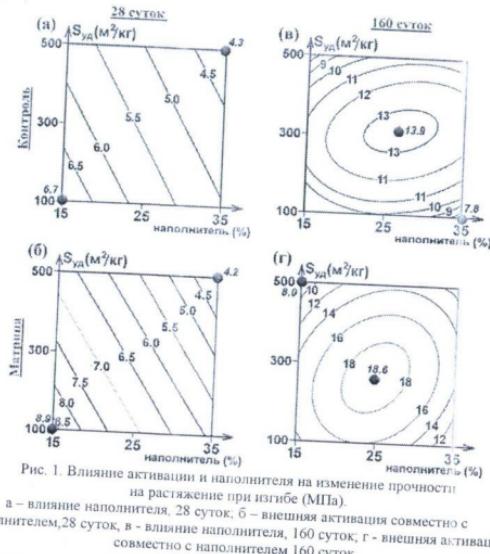


Рис. 1. Влияние активации и наполнителя на изменение прочности на растяжение при изгибе (МПа).

а – влияние наполнителя, 28 суток; б – внешней активации совместно с наполнителем, 28 суток; в – влияние наполнителя, 160 суток; г – внешняя активация совместно с наполнителем 160 суток.

Анализ диаграммы позволяет сказать, что использование наполнителей позволяет изменять прочность на растяжение при изгибе в 1.6 раза (от $R_{bt}=4.3$ МПа до $R_{bt}=6.7$ МПа) (рис.1.а). Максимальные значения R_{bt} характерны для составов при минимальном расходе наполнителей с $S_y=100$ $\text{м}^2/\text{кг}$. Увеличение количества наполнителей и повышение их удельной поверхности ведет к снижению R_{bt} в 1.6 раза.

Анализ показал, что введение наполнителей до 27% по массе с $S_y=100$ $\text{м}^2/\text{кг}$ позволяет получать композиции, прочность которых равна прочности бездобавочного цементного камня ($R_{bt}=5.5$ МПа).

Использование внешней активации резонаторами не вызывает изменения характера влияния наполнителей на R_{bt} , однако значительно повышает уровень прочности. При сохранении общего влияния наполнителей, абсолютные значения R_{bt} увеличиваются в среднем до 40%.

Твердение образцов в естественных условиях в течение 160 суток вызывает изменение характера влияния наполнителей и внешней активации на R_{bt} (рис.1.в,г). Максимальные значения $R_{bt}=14.1$ МПа можно достичь при использовании до 27% наполнителя по массе с удельной поверхностью $S_y=300$ $\text{м}^2/\text{кг}$.

Анализ графических зависимостей показал, что в зонах минимальных и максимальных количеств наполнителя с удельными поверхностями $S_y=500$ $\text{м}^2/\text{кг}$ и 300 $\text{м}^2/\text{кг}$ соответственно, прочность цементного камня с наполнителями меньше или равна прочности ненаполненного цементного камня. На остальном факторном пространстве R_{bt} удовлетворяет повышенным требованиям. Использование рациональных наполнителей позволяет до 40% повысить значение R_{bt} по сравнению с образцами из цементного камня без наполнителей.

В случае применения внешней активации (рис.1.б,г) только в зоне минимальных расходов наполнителя с $S_y=500$ $\text{м}^2/\text{кг}$ значения R_{bt} соответствуют значениям прочности при растяжении при изгибе контрольных составов. То есть активация совместно с наполнителем позволяет повысить R_{bt} до 85%. Анализ показывает, что используя рациональные наполнители и внешнюю активацию, можно решать задачи как повышения прочности на растяжение при изгибе, так и задачи снижения расхода клинкерной составляющей в условиях получения равнопрочных цементных композиций.

Однако принятие решений должно основываться также на результатах изучения влияния наполнителей и внешней активации на изменение прочности при сжатии.

На рис.2 показаны построенные по соответствующим ЭС-моделям диаграммы, отображающие влияния количества и дисперсности наполнителя, а также наполнителя совместно с внешней активацией на прочность цементного камня при сжатии.

Результаты экспериментов показали, что активация за счет трансформации внешних электромагнитных воздействий позволяет повысить R_b чистого цементного камня после 28 суток нормального твердения до 34% (от $R_b=35.6$ МПа, до $R_b=40.7$ МПа) и до 28% после 160 суток естественного твердения (от $R_b=39.3$ МПа до $R_b=50.1$ МПа).

Анализ диаграмм позволяет сказать, что влияние наполнителей и внешней активации на изменения R_b (рис.2) образцов нормального твердения показал отличие влияния факторов по сравнению с их влиянием на изменение R_{bt} (рис.1). Использование максимального количества наполнителей с $S_y=100$ $\text{м}^2/\text{кг}$ позволяет получить наивысшие, в условиях проведения эксперимента, значения R_b . При этом прочность при сжатии образцов из цементного камня с рациональным составом наполнителей на 29% выше прочности при сжатии образцов из бездобавочного цементного камня.

Внешняя активация изменяет характер влияние наполнителей на величину R_b . Наноудающая («запрещенная») область принятия решений

находится в зоне максимального количества наполнителей при $S_y = 500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Использование наполнителей до 26% по массе при $S_y = 100 \text{ м}^2/\text{кг}$ ведет к повышению R_b до 37% по сравнению с R_b ненаполненных (без добавочных) цементных композиций. Анализ результатов показывает, что изменение удельной поверхности наполнителей при их постоянном количестве ведет к изменению R_b от 22% до 36%.

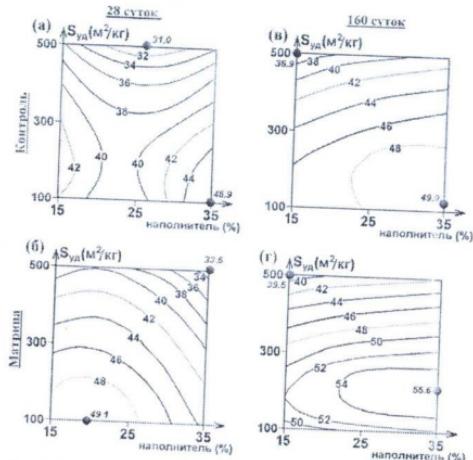


Рис. 2. Влияние активации и наполнителя на изменение прочности при сжатии (МПа).
а – влияние наполнителя, 28 суток; б – внешняя активация совместно с наполнителем, 28 суток; в – влияние наполнителя, 160 суток; г – внешняя активация совместно с наполнителем 160 суток.

Влияние удельной поверхности наполнителей на изменение R_b сохраняется после 160 суток естественного твердения, рис. 2.в. Зона минимальных значений R_b находится в области минимальных и средних количеств наполнителя с удельной поверхностью $S_y=500 \text{ м}^2/\text{кг}$. Изменение удельной поверхности, как показывает анализ, ведет к изменению R_b до 35%. Полученные результаты раскрывают возможность решения задач повышения

прочности и снижения материоемкости цементных композиций за счет использования рациональных наполнителей.

Внешняя активация цементных композиций фрактально-матричными резонаторами позволяет во всем диапазоне изменения количества и удельной поверхности наполнителей получать составы, прочность при сжатии которых выше прочности при сжатии образцов на основе бездобавочного цементного камня (рис. 2.г).

Выводы. Проведенные исследования и их анализ позволяют сделать вывод, что внешняя активация цементных композиций, проведенная совместно с введением рационального по количеству и дисперсности наполнителя, ведет к повышению R_{bt} и R_b на 28 сутки нормального твердения и сохраняет свое положительное влияние в условия длительного, до 160 суток, твердения в естественных условиях.

Полученные результаты могут быть основой для решения задач повышения прочности цементных композиций и материалов на их основе и решения задач снижения материоемкости за счет использования рациональных по количеству и удельной поверхности наполнителей, а также за счет не требующей затрат энергии внешней активации фрактально-матричными резонаторами.

1. Шишкін А.А. Активовані в'язучі вещества і бетони на їх основі / А.А. Шишкін, Н.В. Астахова – Кривий Рог, 2001. – 104 с. 2. Барабаш І.В. Механохімічна активіяція мінеральних в'язучих речовин / І.В. Барабаш. – Навч. посібник. – Одеса: Астропрінт, 2002. – 100 с. 3. Ткаченко Г.Г. Вплив активації на змінення властивостей твердеючих і затвердіваючих цементних композицій / [Г.Г. Ткаченко, Н.В. Казмирук, В.Н. Вирівський, С.Д. Бородулін] // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 20. – Одеса: Місто майстрів, 2005. – С. 351-354.
4. Ткаченко Г.Г. Моделювання процесів структурообразування дисперсних систем при різних зовнішніх воздіяльностях / [Г.Г. Ткаченко, Н.В. Казмирук, С.Д. Бородулін, В.Н. Вирівський] // Комп'ютерне матеріаловедення і обеспечення якості. Мат-ти 45-го міжнар. сем. МОК'45. – Одеса: Астропрінт, 2006. – С. 144-145.
5. Ткаченко Г.Г. Изучение влияния внешних и внутренних факторов на формирование микроструктуры бетонов / Г.Г. Ткаченко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 35. – Одеса: Місто майстрів, 2009. – С. 342 – 348.
6. Вирівський В.Н. Вплив внешньої активації і ступеня наповнення на начальні об'ємні зміни в твердеючих цементних композиціях / [В.Н. Вирівський, Г.Г. Ткаченко, С.А. Кровяков, С.Д. Бородулін] // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 33. – Одеса: Зовнішрекламсервіс, 2009. – С. 167-171.
7. Ткаченко Г.Г. Изучение влияния активации и наполнителей на изменение физико-механических свойств затвердевших строительных материалов / Г.Г. Ткаченко, С.Д. Бородулін // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Вип. 31. – Одеса: Місто майстрів, 2008. – С. 357-360.
8. Вознесенский В.А. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ / В.А. Вознесенский, Т.В. Лищенко, Б.Л. Огарков. – К.: Вища школа, 1989. – 327 с.