

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ  
АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА УКРАЇНИ  
ТРАНСПОРТНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ім. А.М. БЕКЕТОВА  
ПАТ «УКРЗАЛІЗНИЦЯ»  
ТОВ «МС-ВАУСНЕМІЕ»  
АТ «TINES CAPITAL GROUP»**

**Тези доповідей 6-ї міжнародної  
науково-технічної конференції  
«ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ  
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД ТА БУДІВЕЛЬ НА  
ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ»**

**Харків 2017**

6-а Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті», Харків, 19–21 квітня 2017 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2017. – 229 с.

Збірник містить тези доповідей науковців вищих навчальних закладів України та інших країн, підприємств транспортної та будівельної галузі за трьома напрямками: будівельні матеріали, захист і ремонт конструкцій та споруд; будівельні конструкції, будівлі та споруди; залізниці та автомобільні дороги, метрополітени, промисловий транспорт.

## ЗМІСТ

### Секція БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ЗАХИСТ І РЕМОНТ КОНСТРУКЦІЙ ТА СПОРУД

<i>В.О. Бондар, Р.Р. Ахмеднабієв</i> КИНЕТИКА ТВЕРДІННЯ ЦЕМЕНТНО-ЗОЛОШЛАКОВИХ СУМІШЕЙ	18
<i>В.Н. Выровой, А.В. Елькин, Н.В. Казмирчук</i> УСЛОВИЯ БЕЗОПАСНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ-СИСТЕМ	20
<i>А.О. Гарбуз, Е.С. Скрыпник</i> АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА АКРИЛОВЫХ ПОЛИМЕРКОМПОЗИЦИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ И РЕМОНТА КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ	21
<i>Д.С. Захаров, С.М. Толмачов</i> ВПЛИВ СУПЕРПЛАСТИФІКАТОРА НА МІЦНІСТЬ ЦЕМЕНТОБЕТОНІВ ПРИ РІЗНОМУ СПІВВІДНОШЕННІ ЗАПОВНЮВАЧІВ	23
<i>О.А. Коробко</i> ВЗАИМОСВЯЗЬ СТРУКТУР ИЗДЕЛИЯ И МАТЕРИАЛА	25
<i>С.І. Левадна</i> МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИЛУГОВУВАННЯ БЕТОНУ ПРИ ФІЛЬРАЦІЇ НА ОСНОВІ МАТЕРІАЛІВ ОБСТЕЖЕННЯ ГРЕБЛІ ДНІСТРОВСЬКОЇ ГЕС	26
<i>Д.С. Линник, Е.С. Шинкевич</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ОРГАНИЧЕСКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АРБОЛИТОБЕТОНА	28
<i>Я.Н. Питак, Ю.В. Харыбина, О.Я. Питак</i> БЕЗОБЖИГОВЫЙ МУЛЛИТОКОРУНДОВЫЙ ОГНЕУПОР С ПРИМЕНЕНИЕМ ФОСФАТНОГО СВЯЗУЮЩЕГО КОМПОНЕНТА	30
<i>К.К. Пушкарьова, К.О. Каверин</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИСОКОМІЦНИХ ЛЕГКИХ КЕРАМЗИТОБЕТОНІВ, МОДИФІКОВАНИХ КОМПЛЕКСНОЮ ОРГАНО-КРЕМНЕЗЕМИСТОЮ ДОБАВКОЮ	31

<i>Ю.Ю. Савчук</i> ДОСЛІДЖЕННЯ З РОЗРОБКИ КОМПОЗИЦІЙ ПРОНИКНОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ БЕЗКЛІНКЕРНОГО В'ЯЖУЧОГО	71
<i>Р.М. Семенів</i> АТМОСФЕРОСТІЙКЕ ЗАХИСНЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ КЕРАМІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ПОЛІСИЛОКСАНОВОГО КОМПОНЕНТУ	72
<i>Г.Г. Ткаченко, С.С. Макарова</i> АКТИВОВАНІ БЕТОНИ	74
<i>Л.В. Трикоз, І.В. Багіяни</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРООПОРУ БЕТОНУ, МОДИФІКОВАНОГО БІТУМНОЮ ЕМУЛЬСІЄЮ	75
<i>Л.В. Трикоз, В.Ю. Савчук</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГРУНТОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА	76
<i>С.М. Чепурна, О.С. Борзяк</i> ВИСОКОДИСПЕРСНА КРЕЙДА ЯК ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОНІВ	78
<i>В.В. Шевченко</i> КОМПЛЕКСНА СТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ	79
<i>Н.Ф. Уразманова, В.Ю. Тофанило</i> СТРУКТУРНІ ЗМІНИ БЕТОНІВ ПРИ ПЕРІОДИЧНОМУ ЗВОЛОЖЕННІ ТА ВИСУШУВАННІ	80
<i>Л.Й. Дворкін, О.М. Бордюженко, Т.В. Ковальчук</i> ЕФЕКТИВНІСТЬ ДИСПЕРСНОГО АРМУВАННЯ ВИСОКОМЩНОГО ДРІБНОЗЕРНИСТОГО БЕТОНУ	81
<i>Т.В. Ляшенко, А.Д. Довгань</i> ОБ ИЗОПАРАМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ	83
<i>О.М. Непомящий</i> ВПЛИВ МІСЦЕВОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ НА СТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ	86

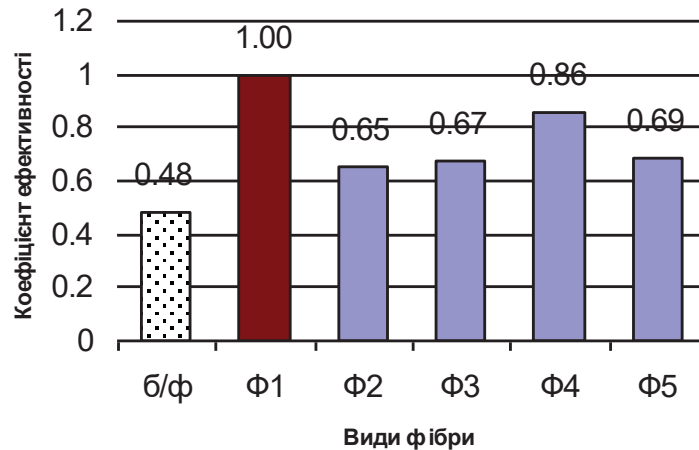


Рис. 2. Значення коефіцієнта ефективності дисперсного армування при використанні різних видів фібри

Очевидно, основний ефект від дисперсного армування бетонів проявляється у збільшенні співвідношення  $f_{c,tf} / f_{cm}$ . Це можна явно прослідкувати з рис. 2, на якому відображені коефіцієнти ефективності дисперсного армування різними видами фібри для дрібнозернистого бетону.

За одиницю прийняте співвідношення  $f_{c,tf} / f_{cm}$  для дрібнозернистого фібробетону з використанням фібри Ф1. Для всіх видів фібри коефіцієнт ефективності є суттєво більшим ніж для бетону, не армованого фіброю.

Таким чином, встановлено, що фібра хвилястого профілю є найбільш ефективною серед досліджених в плані збільшення міцності сталевібробетонів (особливо на розтяг при згині). Коефіцієнт ефективності дисперсного армування такого виду фібри більший відносно інших розглянутих видів на 15..30%. Проведені дослідження показали можливість одержання дрібнозернистих сталевібробетонів із порівняно невисокими витратами цементу та фібри ( $\mu = 0,5\%$ ), що мають високі значення міцності на стиск (до 100 МПа) та міцності на розтяг при згині (до 12 МПа).

УДК 691:519.24

## ОБ ИЗОПАРАМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ

## ON ISOPARAMETRIC ANALYSIS OF THE PROPERTIES OF BUILDING COMPOSITES

*д-р техн. наук Т.В. Ляшенко, канд. техн. наук А.Д. Довгань  
Одесская государственная академия строительства и архитектуры*

*T.V. Lyashenko, DSc, A.D. Dovgan, PhD (Tech.)  
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*

В задачах строительного материаловедения часто возникает необходимость исследовать изменения структурно-механических и эксплуатационных характе-

ристик композитов и других критериев под влиянием рецептурно-технологических (РТ) факторов  $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_k)$  в условиях, когда они должны обеспечить неизменный уровень одного из  $Y$  (некоторого базового свойства  $B$ ). Приходится сравнивать свойства бетонов и других материалов, изготовленных из смесей одинаковой «удобообрабатываемости», теплофизические и другие свойства материалов равной плотности. В зависимости от целей исследования, это могут быть «изореологические» или «изопрочностные», «изоресурсные» и т.п. *изопараметрические* (ИП) условия. Экспериментальный подбор разных составов и режимов, обеспечивающих один и тот же уровень базового свойства, трудоемок, иногда практически неосуществим; например, в случае «равностойких» композитов или с равной долей пор в определенном диапазоне размеров. Поэтому В.А. Вознесенский (1981) предложил *изопараметрический анализ* (ИПА), на основе экспериментально-статистических (ЭС) моделей. Описанные ими зависимости свойств от РТ-факторов анализируются в условиях (1) фиксированного уровня одного из свойств.

$$B(\mathbf{x}) = \text{const} = B_{is} \quad (1)$$

Использование в ИПА комплекса ЭС-моделей  $Y(\mathbf{x})$ , включая  $B(\mathbf{x})$ , позволило многократно снизить объем опытных работ и получить принципиально новую информацию о материалах в исследованиях полимерных связующих, ячеистых и мелкозернистых бетонов. Однако графоаналитическая реализация этого полезного метода была недостаточно простой и удобной.

Иной подход к ИП-анализу сформирован в рамках методологии РТ-полей свойств – анализ  $Y$  проводится на поверхности равного потенциала поля одного из них. Достижимые за счет изменения  $\mathbf{x}$  ИП-условия соответствуют движению по поверхности (1). В случае двумерной области полей ( $\Omega_x$ ) – это движение вдоль изолинии; уровни других  $Y$  определяются (по ЭС-моделям) вдоль соответствующей траектории в  $\Omega_x$ . Осуществляется ИП-анализ по результатам вычислительного эксперимента (ВЭ). Использование вместе с ЭС-моделями метода Монте-Карло избавляет ИПА от сложных процедур движения равными шагами по изолинии поля, а также приближает результаты компьютерного эксперимента к реальным результатам. Для демонстрации возможностей такого ВЭ используются данные о свойствах 15 наполненных карбамидных композиций, полученные в спланированном натурном трехфакторном эксперименте. В работе рассматриваются «изовязкие» композиции с уровнем  $\eta_{is} = 45$  Па·с, который соответствует середине требуемого технологией диапазона  $30 \leq \eta_{is} \leq 60$  Па·с.

Испытание в ВЭ для ИПА проводится в области  $\Omega_x$  двух факторов (как правило), формирующих локальное поле (в примере – нормализованные к  $|x_i| \leq 1$  доли в наполнителе карбида кремния  $x_2$  и крупных зерен андезита  $x_3$ ), при фиксированных уровнях остальных факторов ( $x_1$  – степени наполнения). Алгоритм статистического испытания следующий. 1. Определяются границы доверительного коридора  $B_{is,\alpha}(\mathbf{x})$ , которые задаются ошибкой экспериментального определения  $B$  и квантилем  $t$ -распределения при риске  $\alpha$  и зависят от  $\mathbf{x}$  через функцию дисперсии предсказания. 2. В  $\Omega_x$  генерируются  $n$  равномерно распределенных точек (составов наполнителя); для анализа остаются те  $n_{is}$  точек  $\mathbf{x}_{is}$ , значения  $B$  в

которых, рассчитанные по модели  $B(\mathbf{x})$ , попадают в границы  $B_{is,\alpha}(\mathbf{x})$ , определяя таким образом *изопараметрический коридор*  $\Omega_{is}$  (генерировано 1600 точек, из которых в ИП-коридоре осталось 123). 3. К рассчитанным по моделям в точках  $\mathbf{x}_{is}$  уровням полей других  $Y$  (в примере износостойкость  $A$  и прочность  $R$ ) добавляются генерированные с учетом ошибок моделей нормально распределенные ошибки. 4. Визуализация результатов статистического испытания (коридоров уровней  $B$  и  $Y$  и обеспечивающих их значений факторов) осуществляется разверткой либо вдоль изолинии (1) из некоторого фокуса, либо вдоль осей факторов. Как видно на рисунке, с увеличением содержания карбида кремния ( $x_2$ ) постоянную вязкость около 45 Па·с обеспечивает нелинейное увеличение количества крупных зерен андезита ( $x_3$ ). 5. Численно охарактеризовать изменения  $Y$  в ИП-коридоре позволяют обобщающие показатели ( $G$  – максимумы, перепады и т.д.). Их можно оценить по результатам многократных испытаний или по «несущей» функции (вдоль оси ИП-развертки). Как видно на рисунке, максимум  $A$  изовязких смесей обеспечивается при повышенных дозировках в наполнителе карбида кремния и крупного андезита; минимум – при отсутствии карбида кремния и минимальном количестве крупных зерен андезита ( $x_2 = x_3 = -1$ ). Оценки  $G$  РТ-полей  $Y$  в  $\Omega_{is}$  при разных значениях (по плану ВЭ) остальных изменяющих локальные поля факторов  $\mathbf{x}_{ch}$ , позволяют получить вторичные модели –  $G(\mathbf{x}_{ch})$ .

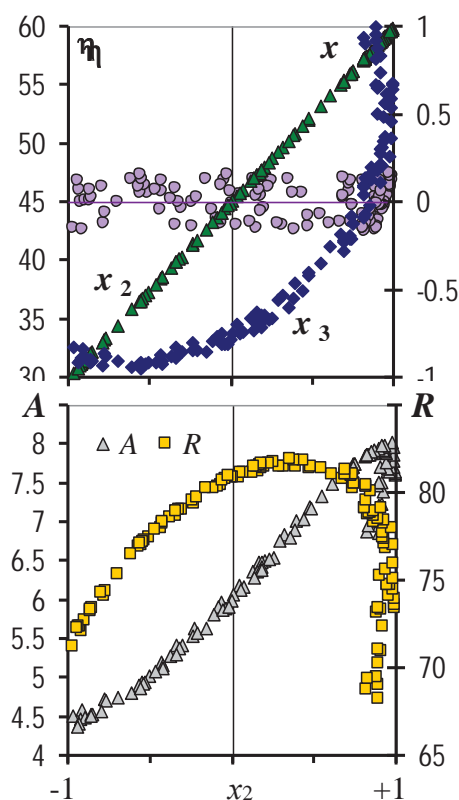


Рис. 1. Результаты трехфакторного эксперимента

Подобная информация недоступна непосредственно в реальном эксперименте. ИП-анализ, как инструмент компьютерного материаловедения, позволяет с помощью виртуальных экспериментов извлечь из натуральных данных новое знание, необходимое для выработки технологических решений.



## MC-Bauchemie

### Сучасні рішення для галузі бетону

Компанія MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG - один з провідних міжнародних виробників будівельної хімії та технологій. Група компаній має головний офіс у Боттропі та налічує близько 2500 співробітників, які працюють в більш ніж 40 країнах світу. Компанія заснована понад 50 років тому і пропонує інноваційні рішення для виробництва бетону та захисту різноманітних конструкцій.

#### MC пропонує найсучасніші рішення для для:

- ❖ галузі бетону
- ❖ інфраструктури та промисловості
- ❖ ремонту будівель
- ❖ споживачів



Протягом XX-го і XXI-го століть, залізниці по всьому світу демонстрували незвичайний розвиток і трансформації. Головним чином цьому сприяли підвищені вимоги до більш високої швидкості для перевезення великої кількості пасажирів і вантажів, а також більший комфорт під час їзди. Зі збільшенням швидкості зросли і навантаження на галузь, а загальні технічні і технологічні рішення часто не відповідали очікуванням.

Коли були введені в експлуатацію перші високошвидкісні поїзди, з'явилася проблема вильоту дрібних частинок баласту через турбулентність на високій швидкості, в результаті чого зростав ризик аварії із зустрічними поїздами. Щоб запобігти цьому, було введено склеювання баласту, як спосіб вирішення проблеми, який відкрив нові перспективи в галузі залізничного транспорту.

Експерименти за технологією склеювання баласту почалися в Німеччині та Угорщині на рубежі тисячоліття, і після того, як було зібрано достатньо емпіричних значень, цей процес став відомий як один із способів стабілізації і склеювання баластної призми залізничних шляхів.

Закріплення залізничних шляхів при їх реконструкції за допомогою системи MC-Ballastbond від MC-Bauchemie є зручною та економічною альтернативою установки кріплень.

#### Переваги системи MC-Ballastbond:

- ❖ смола довгий час зберігає свою еластичність та хімічну стабільність
- ❖ смола швидко твердіє, час схоплювання може бути відрегульований під задачу
- ❖ ділянка шляхів може бути запущена в експлуатацію відразу після закінчення робіт
- ❖ матеріал екологічно безпечний як при експлуатації, так і при утилізації
- ❖ економія часу і витрат до 50% при реконструкції залізничних шляхів у порівнянні зі стандартними способами робіт



Основні пріоритети MC-Bauchemie – це системні рішення, якісні матеріали, неперевершений сервіс та надійність.



ТОВ «МЦ Баухемі»  
07541 Київська обл.,  
м. Березань  
вул. Маяковського, буд. 38  
тел. 045 766 54 53  
[info@mc-bauchemie.ua](mailto:info@mc-bauchemie.ua)  
[www.mc-bauchemie.ua](http://www.mc-bauchemie.ua)







ООО ТИНЕС УКРАИНА  
 Богдана Хмельницкого, д. 16-22,  
 корпус «А», 01030, г. Киев  
 Тел/Факс: +38 044 369 30 48,  
 office@tines.com.ua  
 www.tinescg.com/ru/

Киев, метро

## КОНСТРУКЦИИ РЕЛЬСОВЫХ ПУТЕЙ

Предлагаемые фирмой Тинес безбалластные конструкции верхнего строения пути могут использоваться на железной дороге, метро и трамвайных полотнох, в том числе на инженерных сооружениях. Системы фирмы Тинес были использованы, в частности, в Киевском и Харьковском метрополитенах, а также при модернизации трамвайных путей в Харькове и Днепре.



228

▲ Харьков



Український державний університет  
залізничного транспорту

Ukrainian State University  
of Railway Transport



Вища освіта,  
**ВИЗНАНА СВІТОМ**

Отримай диплом  
французького  
університету,  
навчаючись в Україні

You can obtain  
a French  
University Degree  
while studying in Ukraine



**World-Renowned  
HIGHER EDUCATION**