

УДК 666.92:517.9

**В. А. ВОЗНЕСЕНСКИЙ, Т. В. ЛЯШЕНКО, С. А. КРЮКОВСКАЯ, Т. И. ПИЩЕВА**

Одесская государственная академия строительства и архитектуры

**ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ ФИБРЫ НА ЭФФЕКТИВНУЮ ВЯЗКОСТЬ  
ПОЛИМЕРМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРИ РАЗНЫХ СКОРОСТЯХ  
СДВИГА**

Анализируются полученные на ротационном вискозиметре данные о вязкости полимерминеральных композиций с полипропиленовой фиброй. Изменения вязкости при увеличении скорости сдвига описаны уравнениями Оствальда-Вейля для 26 составов технологических смесей. Зависимости параметров реологического уравнения от состава описаны пятифакторными квадратичными ЭС-моделями. Модели позволили охарактеризовать влияние фибры на эффективную вязкость композиций с разными видами редиспергируемого полимера и метилцеллюлозой разной молекулярной массы. В вычислительном эксперименте обнаружено, что при высокой скорости сдвига введение фибры может существенно снижать вязкость некоторых композиций.

**полипропиленовая фибра, редиспергируемый полимер, метилцеллюлоза, эффективная вязкость, темп разрушения, вычислительный эксперимент, эффект фибры**

**Введение.** Фиброармирование композиций на основе цемента, с одной стороны, повышает уровень свойств и долговечность затвердевших материалов, с другой, приводит к ухудшению удобоукладываемости смесей, вызывая к тому же кластеризацию и комкование [1, 2]. Для определения оптимального количества фибры, зависящего от свойств матрицы, необходимо знать реологические характеристики композиций. Информация о результатах прямых реологических измерений строительных смесей, содержащих фибру, крайне ограничена; используются технологические испытания [3].

Поэтому целесообразно вернуться к неисчерпанной информации, скрытой в данных уникального по информативности специально спланированного реологического эксперимента [4], выполненного на ротационном вискозиметре "Rotatron Brabander" (в Болгарской АН под руководством акад. Я. Иванова).

При анализе этих данных ранее [5, 6] уже успешно применялся синтетический подход [6], позволяющий определить параметры реологических уравнений [7], в частности, уравнения Оствальда-Вейля для псевдопластической неньютоновской жидкости, как функции от состава технологической смеси, описанные экспериментально-статистическими (ЭС) моделями. В данной работе этот подход используется для выявления закономерностей влияния полимерной фибры на реологические характеристики полимерминеральных композиций из сухих смесей.

**Условия и результаты эксперимента.** В эксперименте варьировались 5 рецептурных факторов  $X_i$ . Изменялись количество ( $X_1$ ) редиспергируемого полимерного порошка (RP) и тип порошка ( $X_2$ ) — одна из двух или бинарная смесь марок порошков Vinnapas [8] на основе полимеров винилового эфира (RE 523 Z и RI 551 Z, обозначенные  $V_{523}$  и  $V_{551}$ ). Варьировалась дозировка ( $X_3$ ) метилцеллюлозы (МС) двух молекулярных масс ( $15 \cdot 10^3$  и  $40 \cdot 10^3$  — по вязкости 2% водного раствора при 20° С, м-Па с; обозначены  $MC_{15}$  и  $MC_{40}$ ), которые определяли четвертый фактор — вид метилцеллюлозы ( $X_4$ ). Пятый фактор ( $X_5$ ) — содержание полипропиленовой фибры (F) диаметром 14 мкм и длиной 12.5 мм. В табл. 1 показаны уровни варьирования факторов (дозировки компонентов в массовых частях на 100 м.ч. цемента) и их нормализация к  $|x_i| \leq 1$ . Количество, тонкость помола и минералогия

клинкерного цемента, количество (150 м.ч.) и крупность (до 0.315 мм) кварцевого наполнителя, а также водосодержание смеси (90 м.ч.) оставались постоянными.

По оптимальному плану эксперимента (2-го порядка на 5-мерном кубе) для 26 композиций получены кривые вязкости  $\eta(\dot{\gamma})$  и кривые течения  $\tau(\dot{\gamma})$  в широком диапазоне скорости сдвига от 0.07 до 134 с<sup>-1</sup> (при увеличении и последующем уменьшении  $\dot{\gamma}$ ). Эти данные позволили [4-9], охарактеризовать и проанализировать влияние состава на тиксотропные свойства композиций и на параметры уравнения Оствальда-Вейля, аппроксимирующего рост вязкости при увеличении скорости,

$$\eta = K \cdot (\dot{\gamma})^m \quad \text{или} \quad \ln \eta = \ln K + m \cdot \ln \dot{\gamma}, \quad (1)$$

где  $K$  – вязкость при единичной скорости ( $\eta_1$ , Па·с),  $m < 0$  – оценка темпа разрушения структурированной жидкости при сдвиговых деформациях (чем больше  $|m|$ , тем менее устойчива структура).

В данной работе для каждой из 26 композиций уравнениями (1) были аппроксимированы данные в более узком диапазоне скоростей,  $1 \leq \dot{\gamma} \leq 134$ , при средней ошибке неадекватности около 6%. Полученные 26 пар значений  $K$  и  $m$  позволили построить ЭС-модели 2-го порядка (2, 3), описывающие рецептурные поля этих реологических параметров, в координатах пяти рецептурных факторов.

$$\ln K = 5.26 \begin{matrix} \pm 0 x_1 \pm 0 x_1^2 \pm 0 x_1 x_3 \pm 0 x_1 x_5 & + 0.23 x_1 x_2 \\ + 0.96 x_3 - 0.26 x_3^2 - 0.15 x_3 x_5 & - 0.21 x_2 x_3 \\ + 0.26 x_5 \pm 0 x_5^2 & - 0.10 x_2 x_5 \\ & \pm 0 x_1 x_4 \\ & - 0.15 x_3 x_5 \\ & - 0.07 x_4 x_5 \end{matrix} \quad (2)$$

$$\begin{matrix} + 0.50 x_2 + 0.11 x_2^2 \pm 0 x_2 x_4 \\ + 0.08 x_4 - 0.23 x_4^2 \end{matrix} \quad (b)$$

$$|m| = 0.67 \begin{matrix} + 0.01 x_1 \pm 0 x_1^2 \pm 0 x_1 x_3 \pm 0 x_1 x_5 & + 0.02 x_1 x_2 \\ + 0.05 x_3 - 0.01 x_3^2 - 0.01 x_3 x_5 & - 0.02 x_2 x_3 \\ + 0.04 x_5 \pm 0 x_5^2 & \pm 0 x_2 x_5 \\ & - 0.02 x_1 x_4 \\ & - 0.01 x_3 x_5 \\ & - 0.01 x_4 x_5 \end{matrix} \quad (3)$$

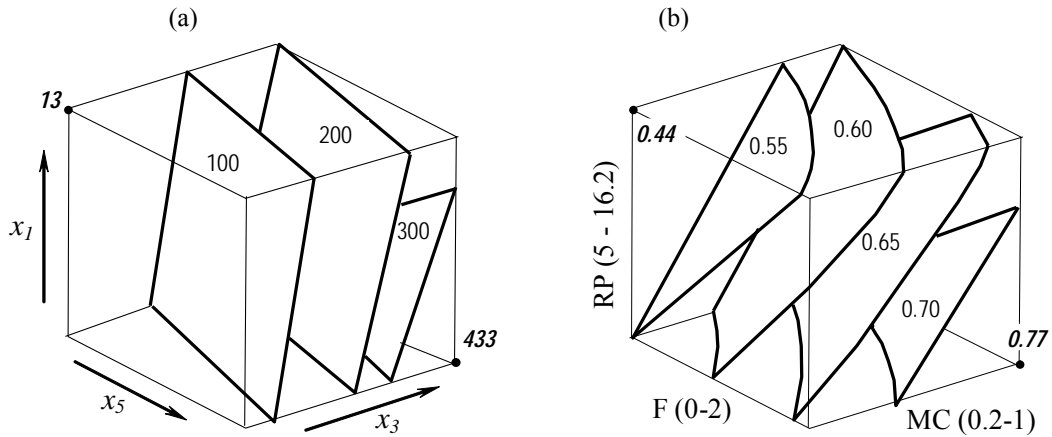
$$\begin{matrix} + 0.04 x_2 + 0.01 x_2^2 + 0.01 x_2 x_4 \\ + 0.08 x_4 - 0.04 x_4^2 \end{matrix} \quad (b)$$

В структурированной форме моделей блоки выделены в соответствии с целью данной работы – проанализировать влияние именно полимерной фибры на реологические параметры качественно разных органоминеральных систем. Блок (а) описывает влияние дозировок фибры, полимерного компонента и метилцеллюлозы. В блоке (b) находятся эффекты перехода от одного типа V и MC к другому. Блок (с) характеризует синергизм факторов из (а) и (b). Такое структурирование облегчает локализацию влияния дозировок (RP, MC, F) для разных видов матрицы.

На рис. 1 показаны локальные поля  $K(x_1, x_3, x_5)$  и  $|m|(x_1, x_3, x_5)$  для композиций с полимерным порошком  $V_{523}$  и метилцеллюлозой  $MC_{40}$ , соответствующие моделям (4, 5), полученным из (2, 3) при  $x_2 = -1, x_4 = +1$ .

Таблица 1 – Уровни факторов в эксперименте

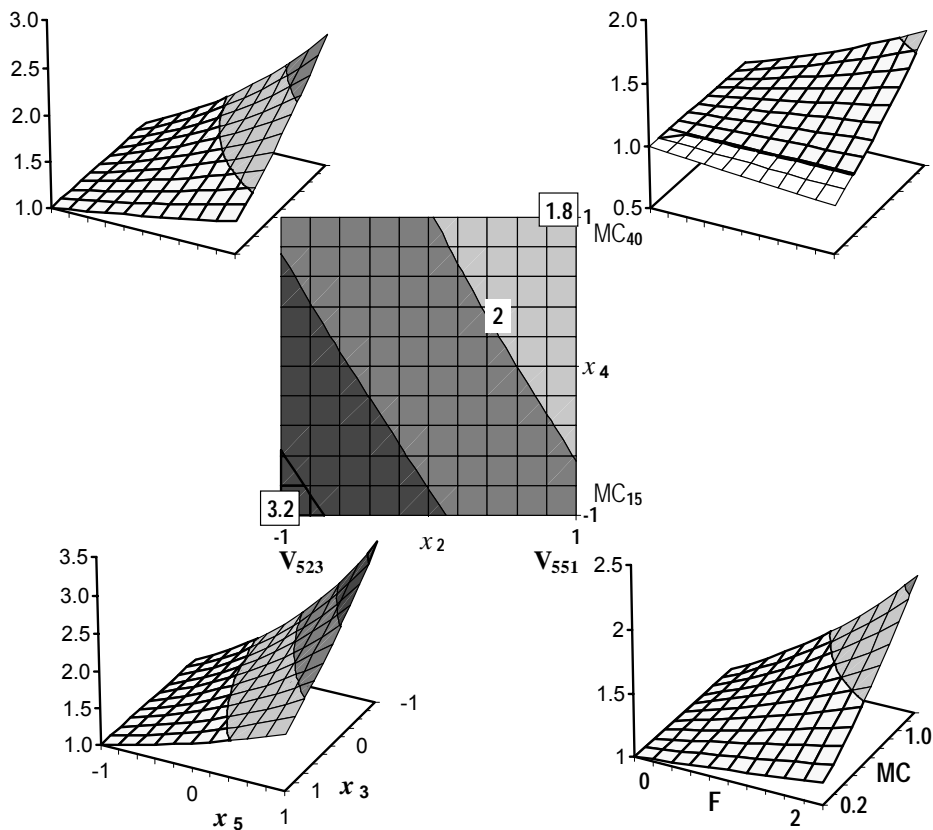
	Нижний $x_i = -1$	Центр $x_i = 0$	Верхний $x_i = +1$	Правило нормализации к $-1 \leq x_i \leq +1$
$X_1$	$5 = e^{1.61}$	$9 = e^{2.20}$	$16.2 = e^{2.79}$	$x_1 = (\ln X_1 - 2.20)/0.59$
$X_2$	$V_{523}$	$0.5V_{523} + 0.5V_{551}$	$V_{551}$	по табл. 1
$X_3$	0.2	0.6	1.0	$x_3 = (X_3 - 0.6)/0.4$
$X_4$	15	27.5 ( $0.5MC_{15} + 0.5MC_{40}$ )	40	$x_4 = (X_4 - 27.5)/12.5$
$X_5$	0	1	2	$x_5 = (X_5 - 1)/1$



**Рисунок 1** – Изоповерхности вязкости при скорости сдвига  $1 \text{ с}^{-1}$  (а) и абсолютной величины темпа разрушения (б) для композиций с  $V_{523}$  и  $MC_{40}$ .

$$\ln K = 4.72 - 0.23x_1 \pm 0 x_1^2 \pm 0 x_1x_3 \pm 0 x_1x_5 + 1.22x_3 - 0.26x_3^2 - 0.15x_3x_5 + 0.30x_5 \pm 0 x_5^2 \quad (4)$$

$$|m| = 0.61 - 0.05x_1 \pm 0 x_1^2 \pm 0 x_1x_3 \pm 0 x_1x_5 + 0.07x_3 + 0.01x_3^2 - 0.01x_3x_5 + 0.05x_5 \pm 0 x_5^2 \quad (5)$$



**Рисунок 2** – Поля  $\eta_1 / \eta_1^*(x_3, x_5)$  для 4-х видов смесей ( $x_2, x_4 = \pm 1$ ) и их максимальные уровни в зависимости от вида.

Изменения вязкости при скорости  $1\text{с}^{-1}$  и темпа разрушения за счет изменения дозировок и полимера, и метилцеллюлозы, и фибры в композициях с этими марками РР и МС — в 33.3 и 1.75 раза соответственно. Причем максимальные уровни  $\eta_1$ , и  $|m|$  оказываются при минимальном содержании полимера и максимальных МС и F.

Модели (2, 3) дают возможность не только охарактеризовать подобные изменения в композициях с любым "марочным" составом системы "полимер, метилцеллюлоза" (в исследованном диапазоне), но и выявить "эффект фибры", используя предложенный в 70-х годах [10, с. 152] методический прием, позволяющий сравнивать по свойствам многообразие модифицированных составов с многообразием соответствующих эталонов. На рис. 1 им соответствует задняя грань кубов — эталонная плоскость, где фибра отсутствует.

**Анализ влияния фибры (условия и результаты вычислительного эксперимента).** Подстановка в уравнение (4) значения  $x_5 = -1$  дает модель (6), описывающую уровень  $\ln K$  эталонных композиций с  $V_{523}$  и  $МС_{40}$  в плоскости эталонных дозировок  $(x_1, x_3, -1)$ . Разность (4) и (6) дает модель (7) изменений логарифма вязкости этих композиций (при скорости 1) только за счет фибры. Аналогично получена модель (8) влияния фибры на  $|m|$ .

$$\ln K = 4.425 - 0.233x_1 + 1.364x_3 \pm 0x_1^2 - 0.255x_3^2 \pm 0x_1x_3 \quad (6)$$

$$\Delta \ln K = 0.298 - 0.146x_3 + 0.298x_5 - 0.146x_3x_5 \quad (7)$$

$$\Delta |m| = 0.047 - 0.011x_3 + 0.047x_5 - 0.011x_3x_5 \quad (8)$$

Такие же модели получены для 9 комбинаций марок V и МС — в соответствии с планом полного факторного эксперимента 2-го порядка на квадрате  $\{x_2, x_4\}$  (4 в вершинах квадрата — с монокомпонентами, 5 в центре и серединах ребер — с бинарными смесями марок). Таким образом, для 9 видов композиций  $(x_2, x_4)$  определены зависимости от дозировок РР, МС и F  $(x_1, x_3, x_5)$  изменения реологических характеристик по отношению к соответствующим смесям без фибры. Как и в (7-8), во всех моделях приростов (вязкости при скорости 1 и темпа разрушения) эффекты, связанные с дозировкой полимера (фактором  $x_1$ ), незначимы.

Независящий от РС уровень прироста  $\eta_1$  за счет фибры (отношения  $\eta_1$  к вязкости эталонной композиции без фибры  $\eta_1^*$ , равно  $\exp[\Delta \ln K]$ ) в зависимости от ее содержания в смеси и от количества метилцеллюлозы показан на рис. 2 для 4 видов композиций (в вершинах квадрата  $\{x_2, x_4\}$ ). На квадрате отображен максимальный прирост, при максимальных дозировках фибры ( $F = 2\%$ ) и минимальном МС, в зависимости от вида композиции.

Прирост  $|m|$  оказался не зависящим от марки виннапаса, а для разных видов метилцеллюлозы сохраняется характер зависимости  $\Delta |m|(x_3, x_5)$ , показанный на рис. 3 (при  $x_4 = +1$ ).

Знание зависимостей эффектов фибры на параметры  $K$  и  $m$  реологического уравнения (1) от состава смеси позволяет определить эффект фибры на вязкость любой композиции при любой скорости

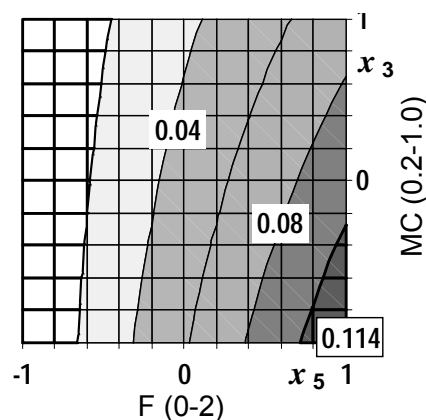


Рисунок 3 — Зависимость  $\Delta |m|(x_3, x_5)$  для смесей  $МС_{40}$ .

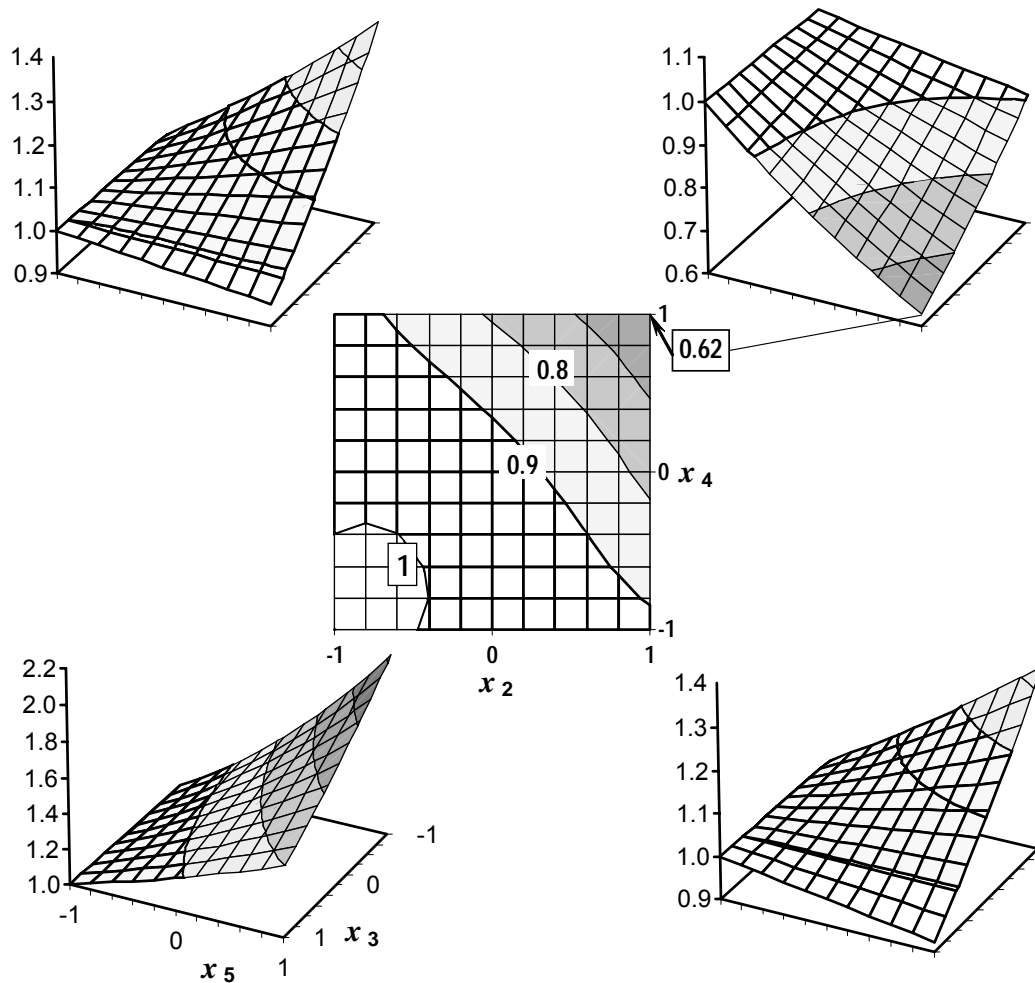


Рисунок 4 – Поля  $\eta_{134} / \eta_{134}^*(x_3, x_5)$  для 4-х видов смесей ( $x_2, x_4 = \pm 1$ ) и их максимальные уровни в зависимости от вида.

сти  $\eta'$  (в исследованном диапазоне).

Так, уравнение (9), характеризующее эффект фибры на вязкость композиций с  $V_{523}$  и  $MC_{40}$  при скорости  $134 \text{ c}^{-1}$  ( $\ln 134 = 4.9$ ), получено подстановкой в (1) моделей (7, 8).

$$\Delta \ln \eta_{134} = \ln \eta_{134} - \ln \eta_{134,0} = \Delta \ln K + 4.9 \Delta m = 0.068 - 0.092x_3 + 0.068x_5 - 0.092x_3x_5 \quad (9)$$

Эффект фибры  $\frac{\eta_{134}}{\eta_{134}^*} = \exp[\Delta \ln \eta_{134}]$  изменение вязкости  $\eta_{134}$  относительно вязкости  $\eta_{134}^*$  смесей того же состава, но без фибры – показан на рис. 4. При повышенных скоростях сдвига введение фибры приводит к снижению вязкости многих композиций – тем больше, чем больше содержание метилцеллюлозы. Пластификация (в среднем на 20%) наблюдается примерно у половины марочных составов системы "полимер, метилцеллюлоза" (не считая неокрашенной "зоны безразличия" на рис. 4). Максимальное снижение (на 40%) отмечается у композиций с  $V_{551}$  и  $MC_{40}$  ( $x_2 = x_4 = +1$ ).

Эффект пластификации при введении определенного количества фибры, вероятно, можно объяснить тем, что при большой скорости происходит распрямление полипропиленовых волокон вдоль потока. При этом в движущейся неньютоновской жидкости могут образовываться ассоциаты из элементов дисперсной фазы, приводя к утолщению экзоассоциативных жидких слоев [11]. Увеличение степени разрушения структуры матрицы за счет полимерной фибры менее вероятно, чем в случае жесткой стальной фибры [1].

**Заключение.** Построенные по данным рационально спланированного реологического эксперимен-

та ЭС-модели зависимостей параметров уравнения Оствальда-Вейля от состава полимерминеральных композиций с полипропиленовой фиброй позволили охарактеризовать ее влияние на эффективную вязкость смесей. В вычислительном эксперименте обнаружено, что при высокой скорости сдвига введение фибры может существенно снижать вязкость некоторых композиций.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kuder K., Ozyurt N., Mu E., Shah S. Rheology of fiber-reinforced cement systems using a custom built rheometer. – Brittle Matrix Composites 8 : Proc. 8th Int. Symp. BMC8. – Warsaw: Woodhead Publ. Ltd., ZTUREK, 2006. – P. 431-439.
2. Ponikiewski T. Investigation on random distribution of fibres in cement composites. - Brittle Matrix Composites 9 : Proc. 9th Int. Symp. BMC9. – Warsaw: Woodhead Publ. Ltd., IFTR, 2009. – P. 131-138.
3. Greim M. Rheology of Building Materials, 17th Conference, Univ. of Applied Science, Regensburg, March 2008. – Applied Rheology. – 2008. – V. 18, N 6. – P. 375-377.
4. Ляшенко Т.В. Использование метода Монте-Карло при анализе взаимосвязи между полями реологических показателей композиций для отделочных работ / Т.В. Ляшенко, В.А Вознесенский., Т.И. Пищева, Я. Иванов / Вісник Одес. ДАБА. – Одеса: Місто майстрів, 2001. – Вип. 3. – С. 57-64.
5. Ляшенко Т.В., Методы компьютерного материаловедения при анализе взаимосвязи реологических показателей композиций / Т.В Ляшенко., В.А Вознесенский // Вісник ДонДАБА. Композиційні матеріали для будівництва: Зб. наук. пр. – Макіївка: ДонДАБА, 2001. – Вип. 2001-1(26). – С. 67-74.
6. Вознесенский В.А. ЭС-модели "КОНСТАНТ" квазифундаментальных моделей в компьютерном строительном материаловедении / В.А.Вознесенский, Т.В.Ляшенко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА. – 2007. – Вип. 42. – С. 39-45.
7. Шрам Г. Основы практической реологии и реометрии. / Г. Шрам— М.: КолосС, 2003. – 312 с.
8. Карапузов Е.К., Лутц Г., Герольд Х., Толмачев Л.Г., Спектор Ю.П. Сухие строительные смеси. / Е.К.Карапузов, Г.Лутц, Х.Герольд, Л.Г Толмачев., Ю.П Спектор. – Киев: Техніка, 2000. – 225 с.
9. Т.В.Ляшенко. Влияние полимерной фибры на тиксотропию полимерминеральных композиций для ремонта железобетонных конструкций / Т.И. Ляшенко, Пищева, С.А Крюковская., Б.Л.Огарков. // Будівельні конструкції: Сучасні технології бетону. – К.: НДІБК. – 2009. – Вип. 56. – С. 392-399.
10. Вознесенский В.А. Принятие решений по статистическим моделям. – В.А Вознесенский, А.Ф.Ковальчук – М.: Статистика, 1978. – 192 с.
11. Вознесенский В.А. Полиmodalность распределения толщины межзеренных слоев как причина уменьшения эффективной вязкости / В.А.Вознесенский, Т.В. Ляшенко // Реология бетонных смесей и ее технологические задачи: Тез. докл. VI всеоюз. симпоз. – Рига, 1989. – С. 92-94.

#### В. А. ВОЗНЕСЕНСЬКИЙ, Т. В. ЛЯШЕНКО, С. А. КРЮКОВСЬКА, Т. І. ПИЩЕВА ВПЛИВ ПОЛІМЕРНОЇ ФІБРИ НА ЕФЕКТИВНУ В'ЯЗКІСТЬ ПОЛІМЕРМІНЕРАЛЬНИХ КОМПОЗИЦІЙ ПРИ РІЗНИХ ШВИДКОСТЯХ ЗСУВУ Одеська державна академія будівництва та архітектури

Аналізуються отримані на ротаційному віскозиметрі дані про в'язкість полімермінеральних композицій з поліпропіленовою фіброю. Зміни в'язкості при збільшенні швидкості зсуву описані рівняннями Оствальда-Вейля для 26 складів технологічних сумішей. Залежності параметрів реологічних рівнянь від складу описані п'ятифакторними квадратичними ЕС-моделями. Моделі дозволили охарактеризувати вплив фібри на ефективну в'язкість композицій з різними видами полімеру, що редується і метилцелюлози різної молекулярної маси. В обчислювальному експерименті виявлено, що при високій швидкості зсуву введення фібри може істотно знижувати в'язкість деяких композицій.

**поліпропіленова фібра, полімер, що редується, метилцелюлоза, ефективна в'язкість, темп руйнування, обчислювальний експеримент, ефект фібри**

V. A. VOZNESENSKY, T. V. LYASHENKO, S. A. KRYUKOVSKAYA, T. I. PISHCHEVA  
INFLUENCE OF POLYMERIC FIBRES ON EFFECTIVE VISCOSITY OF POLYMER-  
MINERAL COMPOSITIONS AT VARIOUS SHEAR RATES

Odessa State Civil Engineering and Architecture Academy

The data of viscosity of polymer-mineral compositions with polypropylene fibre obtained on the rotational viscometer have been analyzed. Viscosity changes with increasing of shear rate have been described by Ostwald-de-Waele equations for twenty six compositions of technological mixtures. Dependences of the parameters of Theological equation on the composition have been described by 5-factor quadratic experimental-statistical models. The models allowed to define the influence of fibre on effective viscosity of compositions with redispersed polymer of different kinds and methylcellulose of different molecular masses have been characterised. In computer experiment it was discovered that under high shear rate the introduction of fibre can essentially decrease the viscosity of some compositions.

**polymer-mineral compositions, redispersed polymer, methylcellulose, effective viscosity, rate of destruction, computer experiment, effect of fibre**

**Вознесенський Віталій Анатолійович** — доктор технічних наук, професор кафедри "Процеси та апарати в технології будівельних матеріалів" (ПАТБМ) Одеської державної академії будівництва та архітектури (ОДАБА), заслужений діяч науки і техніки України, дійсний член Міжнародної інженерної академії (МІА) і голова Наукової ради з комп'ютерного матеріалознавства МІА. Наукові інтереси: експериментально-статистичне моделювання і оптимізація композитів.

**Ляшенко Тетяна Василівна** — доктор технічних наук, професор кафедри прикладної та обчислювальної математики і САПР ОДАБА, член-кореспондент МІА, член Наукової ради з комп'ютерного матеріалознавства МІА. Наукові інтереси: математичне моделювання і комп'ютерні технології в дослідженнях будівельних матеріалів.

**Крюковська Світлана Андріївна** — магістр, аспірантка кафедри прикладної та обчислювальної математики і САПР. Наукові інтереси: реологія композиційних матеріалів.

**Пищева Тетяна Іванівна** — кандидат технічних наук, доцент кафедри "Міське будівництво та господарство". Наукові інтереси: матеріали для ремонтно-відновних робіт міської інфраструктури.

**Вознесенский Виталий Анатольевич** — доктор технических наук, профессор кафедры процессов и аппаратов в технологии строительных материалов Одесской государственной академии строительства и архитектуры (ОГАСА), заслуженный деятель науки и техники Украины, действительный член Международной инженерной академии (МИА) и председатель Научного совета по компьютерному материаловедению МИА. Научные интересы: экспериментально-статистическое моделирование и оптимизация композитов.

**Ляшенко Татьяна Васильевна** — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры прикладной и вычислительной математики и САПР ОГАСА, член-корреспондент МИА и член Научного совета по компьютерному материаловедению МИА. Научные интересы: математическое моделирование и компьютерные технологии в исследованиях строительных материалов.

**Крюковская Светлана Андреевна** — магистр, аспирантка кафедры прикладной и вычислительной математики и САПР ОГАСА. Научные интересы: реология композиционных материалов.

**Пищева Татьяна Ивановна** — кандидат технических наук, доцент кафедры "Городское строительство и хозяйство". Научные интересы: материалы для ремонтно-восстановительных работ городской инфраструктуры.

**Voznesensky Vitaliy Anatolievych** — D.Sc., Professor, professor of Processes and apparatuses in the "Building Materials Technology" Chair of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Honorary Scientist of Science and Engineering of Ukraine, Full Member of International Academy of Engineering and the Chair man of Scientific Council on Computer-Materials Sciences. Scientific interests: experimental and statistical modeling and optimization of composites.

**Lyashenko Tatiana Vasilievna** — D.Sc., Professor, professor of the "Applied and Computer Mathematics and Computer-Aided Design Systems" Chair of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Correspondent Member of International Academy of Engineering and the member of the Scientific Council on Computer Materials Sciences". Scientific interests: mathematical modeling and computer technologies in researches of building materials.

**Kryukovskaya Svetlana Andreevna** — M.Sc., post-graduate student of the "Applied and Computer Mathematics and Computer-Aided Design Systems" Chair of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: theology of compositional materials.

**Pishcheva Tatiana Ivanovna** — Ph.D., assistant professor of the "Municipal Construction and Economy" Chair of Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: materials for repair-restoration works of municipal infrastructure.