

УДК 691.54:514.18

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СМЕСИТЕЛЕЙ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО УПЛОТНЕНИЯ ФИБРОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

МИРОШНИЧЕНКО К. К., *д. т. н, проф.*

Кафедра начертательной геометрии и графики, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (0562) 46-93-80, e-mail: mirfb@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6221-0332

Аннотация. Постановка проблемы. Геометрическое моделирование, как разновидность математического моделирования, занимает важное место при решении современных проблем развития науки и техники. Построение геометрических моделей, адекватно отражающих свойства проектируемых материалов и изделий, технологических процессов и т. д., существенно снижает расходы на проведение экспериментальных исследований, ускоряет этапы проектирования и внедрения различных изобретений в производство. Построение эффективной геометрической модели изделия, конструкции или технологического процесса влияет на уровень технических решений при проектировании новых конкурентоспособных строительных элементов.

Широкое использование в последнее время фибробетонов позволяет существенно усилить строительные конструкции за счет уменьшения трещинообразования материала в процессе эксплуатации и повышения его сопротивления ударным нагрузкам, а также растяжению и изгибу. Но, как показывает опыт, на практике сегодня трудно получить однородные фиброармированные бетоны. Причина этого – использование традиционных технологических приемов для приготовления такого сложного материала как фибробетон. Применение смесительного оборудования для традиционных бетонов и растворов не обеспечивает получение высокооднородного фиброармированного материала. **Цель статьи.** Разработка технологических схем производства (приготовления) фибробетонов (с использованием геометрического моделирования для формообразования различных элементов оборудования) на основании разработанной модели перемешивания фибросодержащих строительных материалов. **Вывод.** Как показали испытания, применение разработанного оборудования позволяет существенно повысить качество приготовления и уплотнения фибробетонной массы. Использование конструкций смесителей с гибким корпусом с желобами переменного профиля обеспечивает высокую однородность дисперсно-армированных смесей с разбросом показателей прочности до 3 процентов. За счет высокого качества перемешивания сокращается время приготовления смеси, а это, в свою очередь, сокращает затраты на ремонт оборудования и электроэнергию.

Ключевые слова: смеситель, фибробетон, строительные конструкции, технология приготовления, геометрическое моделирование.

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ У ПРОЕКТУВАННІ ЗМІШУВАЧІВ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ДОДАТКОВОГО УЩІЛЬНЕННЯ ФІБРОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

МИРОШНИЧЕНКО К. К., *д. т. н, проф.*

Кафедра нарисної геометрії та графіки, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 46-93-80, e-mail: mirfb@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6221-0332

Анотація. Постановка проблеми. Геометричне моделювання як різновид математичного моделювання посідає важливе місце у вирішенні сучасних проблем розвитку науки і техніки. Побудова геометричних моделей, які адекватно відображають властивості запроєктованих матеріалів та виробів, технологічних процесів тощо, суттєво знижує витрати на проведення експериментальних досліджень, прискорює етапи проектування і впровадження різних винаходів у виробництво. Побудова ефективної геометричної моделі виробу, конструкції чи технологічного процесу впливає на рівень технічних рішень під час проектування нових конкурентоспроможних будівельних елементів. Широке використання останнім часом фібробетонів дозволяє суттєво посилити будівельні конструкції за рахунок зменшення тріщиноутворення матеріалу в процесі експлуатації та підвищення його спротиву ударним навантаженням, а також розтягуванню та згину. Але, як показує досвід, на практиці сьогодні важко отримати однорідні фіброармовані бетоны. Причина цього – застосування традиційних технологічних прийомів для приготування такого складного матеріалу як фібробетон. Обладнання для змішування традиційних бетонів та розчинів не забезпечує отримання високооднорідного фіброармованого матеріалу. **Мета статті** – розроблення технологічних схем виробництва

(приготування) фібробетонів (із використанням геометричного моделювання для формоутворення різних елементів обладнання) на основі розробленої автором моделі перемішування фіброармованих будівельних матеріалів. **Висновок.** Як показали випробовування, розроблене обладнання дозволяє суттєво підвищити якість приготування та ущільнення фібробетонної маси. Використання конструкцій змішувачів із гнучким корпусом із жолобами змінного профілю забезпечує високу однорідність дисперсно-армованих сумішей з розкидом показників міцності до 3 %. За рахунок високої якості змішування скорочується час на приготування суміші, а це, у свою чергу, зменшує витрати на ремонт обладнання та електроенергію.

Ключові слова: змішувач, фібробетон, будівельні конструкції, технологія приготування, геометричне моделювання.

THE USE OF GEOMETRIC MODELING IN THE DESIGN OF MIXERS AND DEVICES FOR ADDITIONAL SEALING OF FIBER-CONCRETE PRODUCTS

MIROSHNYCHENKO K. K. *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

Department of descriptive geometry and graphics, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 46-93-80, e-mail: mirfb@mail.ru, ORCID ID: 0000-0002-6221-0332

Summary. Problem statement. Geometric modeling as a kind of mathematical modeling plays an important role in solving modern problems of science and technology. Construction of geometrical models that adequately reflect the properties of the designed materials and products, processes, and etc. significantly reduces the cost of the experimental studies, accelerates the design and implementation of various innovations in production. Building an effective geometric model of the product or process affects the level of technical solutions in the design of new competitive construction elements. Recent widespread use of the fiber-reinforced concrete can significantly enhance building constructions by reducing the cracking of the material during the operation and increasing its resistance to shock loads, as well as stretching and bending. However, experience shows that in practice today it is difficult to obtain uniform fiber reinforced concrete. The reason for this is the use of traditional technological methods for making such a complex material such as fiber concrete. The use of traditional mixing equipment for concrete and mortar does not provide a highly uniform fiber reinforced material. **Purpose.** Development of technological schemes of preparation of fiber reinforced concrete (using geometric modeling for formation of various pieces of equipment) on the basis of the developed model of mixing fiber-containing building materials. **Conclusion.** Tests have shown that the application of the developed equipment can significantly improve quality of preparation and packing fiber concrete mass. Using a mixer designed with a flexible body with gutters of variable profile ensures high uniformity of dispersion-reinforced blends with the spread of the strength of up to 3 percent. Due to the high quality of mixing time of mixing is reduced, and this, in turn, reduces the cost of hardware maintenance and power. Our proposed mobile technological methods of production can significantly extend the scope of fiber reinforced fine-grained concrete (and provide high quality composite).

Keywords: mixer, fibrous concrete, building constructions, dispersion armature, geometrical design.

Постановка проблеми. Как разновидность математического моделирования, геометрическое моделирование занимает важное место при решении современных проблем развития науки и техники. Построение геометрических моделей, адекватно отражающих свойства проектируемых материалов и изделий, технологических процессов и т. д., существенно снижает расходы на проведение экспериментальных исследований, ускоряет этапы проектирования и внедрения различных изобретений в производство.

Построение эффективной геометрической модели изделия, конструкции или

технологического процесса влияет на уровень технических решений при проектировании новых конкурентоспособных строительных элементов.

Широкое использование в последнее время фибробетонов позволяет существенно усилить строительные конструкции за счет уменьшения трещинообразования материала в процессе эксплуатации и повышения его сопротивления ударным нагрузкам, а также растяжению и изгибу.

Но, как показывает опыт, на практике сегодня трудно получить однородные фиброармированные бетоны. Причина этого – использование традиционных технологических

приемов для приготовления такого сложного материала как фибробетон. Применение смесительного оборудования для бетонов и растворов не обеспечивает получение высокооднородного фибробетона.

Цель работы. Разработка технологических схем производства (приготовления) фибробетонов (с использованием геометрического моделирования для формообразования различных элементов оборудования) на основании разработанной модели перемешивания фибросодержащих строительных материалов.

Анализ литературы. Существующая (традиционная) технология приготовления бетонов и растворов не обеспечивает высокую однородность дисперсно-армированного мелкозернистого материала [12; 6; 7; 1; 2; 4; 5; 13; 10; 11].

Разработано множество оборудования [12; 6; 7; 1; 2] для перемешивания бетонных композиций с использованием традиционных приемов уплотнения. Но для такого композита как фибробетон нужен другой принцип перемешивания, а значит, и другое оборудование.

Изложение материала. Нами были проведены теоретические и экспериментальные исследования [3; 9; 8], направленные на разработку принципиально новых подходов к приготовлению фибробетонов с различными типами фибр и изготовлению изделий и конструкций из них.

Ниже (рис. 1) приведена разработанная автором технологическая схема производства фибробетона для конструктивных элементов.

Она отображает все основные технологические операции, которые необходимы при производстве изделий из дисперсно-армированных составов, а также конкретные предлагаемые нами способы подачи фибр в смесительные агрегаты и способы получения (приготовления) качественного фибробетона.

Как показали наши исследования, из общего перечня технологических операций самыми важными и практически не решенными являются: дозирование фибр, подача дисперсной арматуры в смеситель-

ный агрегат и способ перемешивания компонентов.

Последние две операции напрямую влияют на однородность получаемой фибробетонной массы. Смеситель же, на нашу ку, - это ключевое звено в технологии производства фибробетона вообще.

На рисунке 2 изображен смеситель с гибким корпусом (ССВ) с желобом переменного профиля в виде сложной поверхности вращения. Это один из основных новых элементов конструкции смесителя, на который опирается нижняя часть емкости агрегата. В таком смесителе за 20-40 секунд можно приготовить фибробетон очень высокого качества (с разбросом показателей прочности образцов от 3 до 5 %), в его емкости нет "мертвых" зон, которые есть практически в большинстве бетоносмесителей, ведь сам корпус также участвует в процессе смешивания.

Нами разработано несколько конструкций такого агрегата. На пути их широкого внедрения стоит только одно препятствие: наличие гибкого корпуса, которое приводит некоторых производителей в замешательство.

На основании полученного опыта по внедрению фиброармированных композиций, а также многочисленных экспериментов, проведенных совместно с НИИЖБ, ЦНИОМТП, КНУСА (КИСИ), НИИСП, нами разработано несколько технических решений, направленных на совершенствование технологии получения высококачественных фибробетонов. В данном случае речь идет об использовании вибрационной технологии.

Было разработано устройство, которое позволяет существенно повысить качество уплотнения фибробетонной массы. Это приспособление очень простое и может быть изготовлено в любой строительной организации.

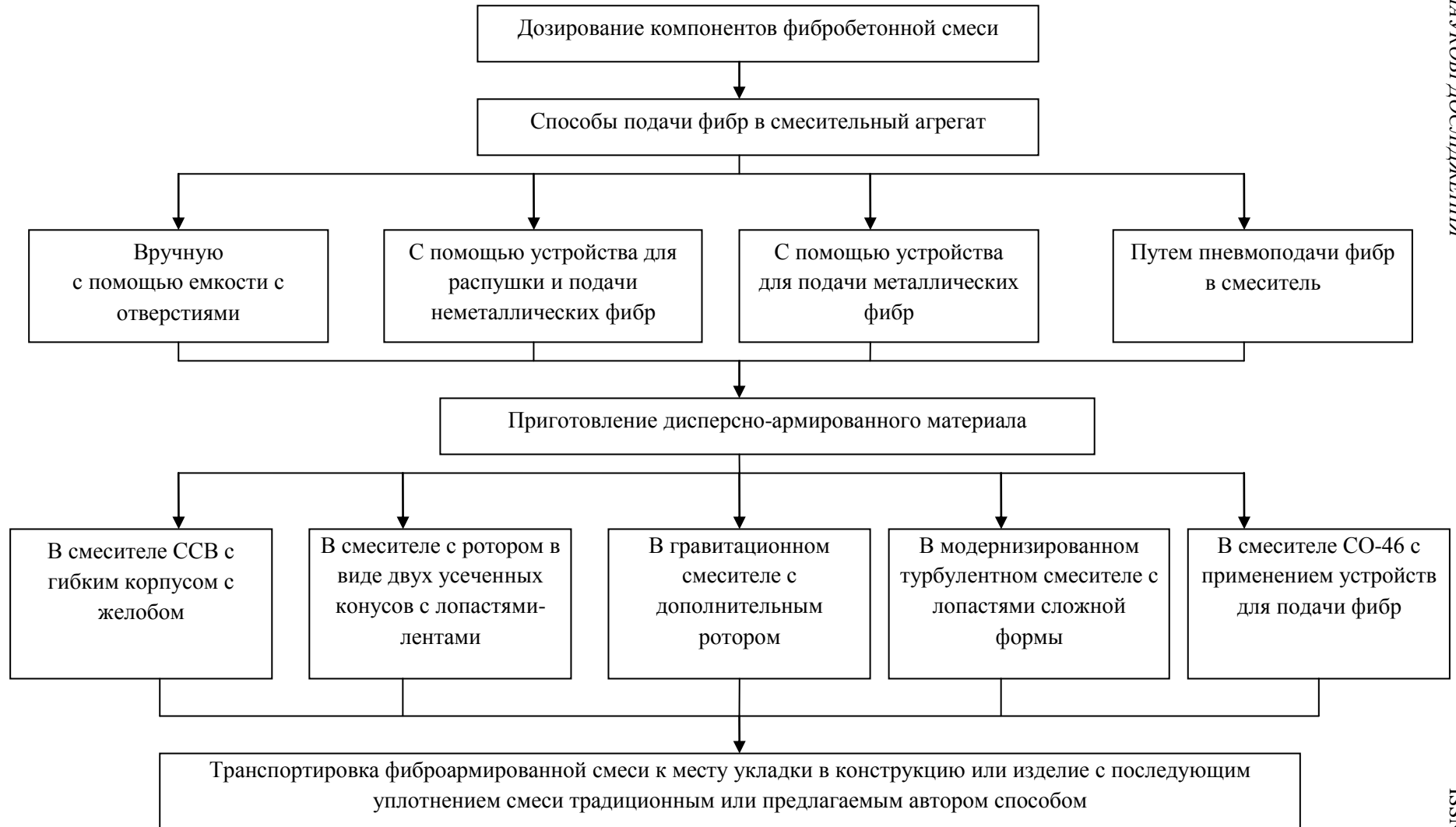


Рис. 1. Предлагаемая технологическая схема производства фибробетона для конструктивных элементов



Рис 2. Один из вариантов смесителя с гибким корпусом

Из рисунка 3 видно, что устройство состоит из пластины 1 со стержнями 2 или из пластин с пружинами, уложенными типа «сэндвич». Пластина со стержнями может крепиться к форме изделия.

Суть работы одного из вариантов устройства в следующем. После перемешивания готовая смесь выгружается в форму, а затем уплотняется, как и при обычном варианте. Форма с оборудованием колеблется вместе со смесью.

В результате часть воздушной массы, заключенной в смеси вблизи стержней, покидает композицию.

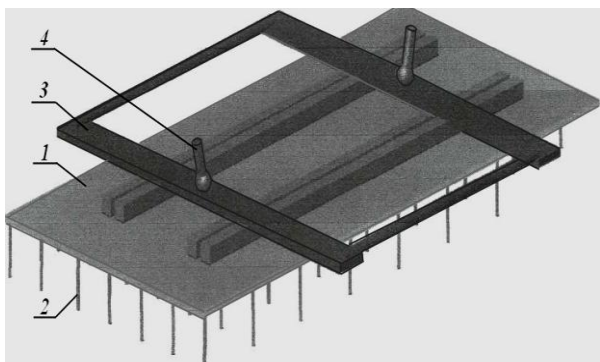


Рис. 3. Устройство для дополнительного уплотнения фибробетонных изделий: 1 – пластина со стержнями; 2 – стержни; 3 – рама; 4 – гнездо для вибратора.

В другом варианте использование гнезда для вибратора на раме этого приспособления обеспечивает виброуплотнение материала конструкции из фибробетона на месте строительства сооружения (рис. 4).

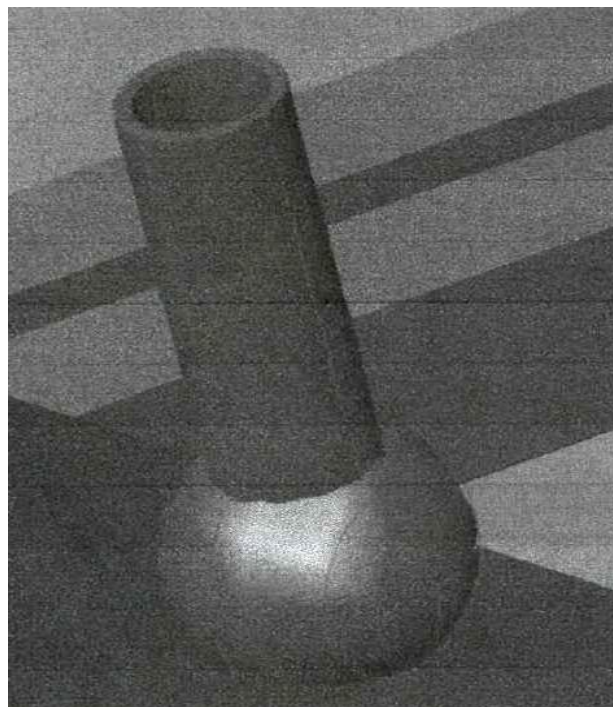


Рис. 4. Гнездо установки вибратора на устройстве для дополнительного уплотнения фибробетона

Как показали результаты проведенных экспериментов, способ приготовления и условия уплотнения материала существенно влияют на однородность и пористость фибробетонных элементов.

Как и следовало ожидать, фибробетон, приготовленный в ССВ, наименее пористый, в смесителе СО-46 с устройством для подачи фибр проницаемость материала немного выше.

Фибробетон, приготовленный в гравитационном смесителе с дополнительным ротором, имеет проницаемость еще выше, но все же его пористость ниже, чем у материала, который приготовили в обычном гравитационном смешивающем устройстве.

Такой агрегат часто используют строители для перемешивания фибробетона, но, как показали наши исследования, он мало пригоден для приготовления мелкозернистого фибробетона с неметаллическими волокнами.

Поэтому, учитывая невысокое качество перемешивания, наиболее показательными будут результаты испытаний, подтверждающие влияние различной технологии уплотнения на плотность фибробетонного материала, который приготовлен как раз в гравитационном смесителе.

На рисунках 5 и 6 представлены диаграммы пористости образцов только двух партий, которые были вырезаны из отформованных изделий. Из сравнения диаграмм видно, что стеклофибробетон на портландцементной основе с традиционным уплотнением (рис. 5) содержит больше крупных пор, чем материал, уплотнение которого производилось с использованием устройства для дополнительного уплотнения фибробетонных изделий (рис. 6).



Рис. 5. Диаграмма пористости образцов: стеклофибробетон, приготовленный в гравитационном смесителе с уплотнением по традиционной технологии

Исследования показали, что снизить проницаемость фибробетона (на 7 и 8 %, соответственно) можно также путем использования напрягающего цемента.

Но здесь следует отметить, что вид технологического приема уплотнения материала также будет влиять на плотность материала вне зависимости от количества, вида фибры и ее параметров.

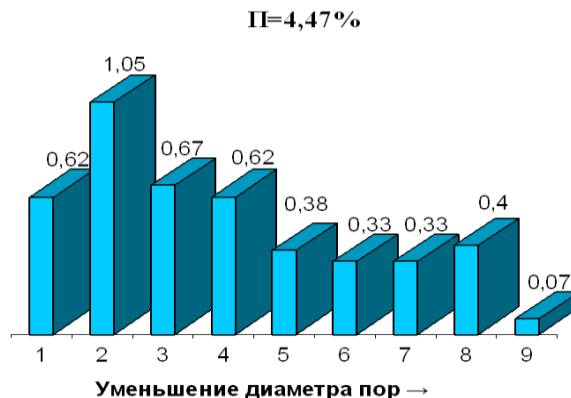


Рис. 6. Диаграмма пористости образцов: стеклофибробетон, приготовленный в гравитационном смесителе с использованием устройства для дополнительного уплотнения фибробетонных изделий

Выводы. Предлагаемые нами технологические приемы производства фибробетонных конструктивных элементов с использованием разработанного оборудования прошли апробацию на производстве и показали свою эффективность.

Благодаря высокому качеству приготовления смеси и ее уплотнения при изготовлении изделий и конструкций, обеспечивается высокая ее однородность и плотность, что в итоге приводит к увеличению прочностных показателей материала (на 3–5 %) и его сопротивлению ударным воздействиям.

Состав матрицы: П/Ц=1; В/Ц=0,4; 0,3 % С-3; 0,1 % ПР-1; $\mu = 2\%$, $l_f = 15$ мм.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянова И. А. Новый принцип создания бетоносмесителей принудительного действия / И. А. Емельянова, А. М. Баранов, В. В. Блажко // Труды международной научно-технической конференции "Интерстроймех-2005", Тюмень, 17-20 мая 2005 г. : сб. ст. / Тюм. гос. нефтегазовый ун-т [и др.]. – Тюмень, 2005. – Ч. 1. – С. 38-43.
2. Емельянова И. А. Особенности процесса приготовления бетонной смеси в трехвальном смесителе / И. А. Емельянова, А. М. Баранов, В. В. Блажко // Технологии бетонов. – 2007. – № 3. – С. 44-46.
3. Змішувач : пат. 54096 України : МПК 7 В 28 С 5/16 / Мірошніченко К. К. ; заявник і патентовласник Придніпр. держ. акад. буд-ва і архітектури. – № 2002053833 ; заявл. 10.05.2002 ; опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2. – 4 с.
4. Кожевников С. Н. Теория механизмов и машин / С. Н. Кожевников. – Москва : Машиностроение, 1969. – 583 с.
5. Колчин К. М. Механика машин : в 2 т. / К. М. Колчин. – Ленинград : Машиностроение, 1972. – Т. 2. – 456 с.

6. Королев К. М. Интенсификация приготовления бетонной смеси / К. М. Королев. – Москва : Стройиздат, 1976. – 58 с.
7. Королев К. М. Эффективность приготовления бетонных смесей / К. М. Королев // Механизация строительства. – 2003. – № 6. – С. 7-8.
8. Мирошниченко К. К. Пути повышения однородности фибробетона / К. К. Мирошниченко // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднепр. гос. акад. стр-ва и архитектуры ; под общ. ред. В. И. Большакова. – Днепропетровск, 2011. – Вып. 58. – С. 467-470. – (Стародубовские чтения 2011).
9. Мирошниченко К. К. Увеличение надежности и долговечности зданий при их реконструкции путем применения фиброармированных композиционных материалов / К. К. Мирошниченко // Новини науки Придніпров'я. Серія : Інженерні дисципліни – 2006. – № 1. – С. 32-34.
10. Новые аппараты с эластичными рабочими элементами для смешивания сыпучих сред. Теория и расчет / М. Ю. Таршис, И. А. Зайцев, Д. О. Бытёв, А. И. Зайцев, В. Н. Сидоров. – Ярославль : ЯГТУ, 2003. – 83 с.
11. Панов И. В. Проблемные вопросы проектирования защитных сооружений гражданской обороны в современных условиях / И. В. Панов, В. И. Пчелкин, Д. Г. Москальков // Технологии гражданской безопасности. – 2010. – Т. 7, № 4. – С. 52-59.
12. Mechanical properties of concrete produced with recycled coarse aggregates – influence of the use of superplasticizers / D. Matias, J. de Brito, A. Rosa, D. Pedro // Construction and building materials. – 2013. – Vol. 44. – P. 101-109.
13. Nagrockiene D. The effect of cement type and plasticizer addition on concrete properties / Drigita Nagrockiene, Ina Pundiene, Asta Kicaite // Construction and building materials. – 2013. – Vol. 45. – P. 324-331.

REFERENCES

1. Yemelianova I. A. *Novyj printsip sozdaniya betonosmesitelej prinuditel'nogo deystviya* [New principle of making enforced action concrete mixers]. *Trudy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii "Interstroyemkh-2005"* – Transaction of international scientific and engineering conference "Interstroyemkh-2005". Tyumen, 2005. pp. 38–43 (in Russian).
2. Yemelianova I. A. *Osobennosti protsessa prigotovleniya betonnoy smesi v trekhval'nom smesitele* [Peculiarities of manufacturing process of concrete mix in a three-shaft mixer]. *Tekhnologii betonov v luchshikh betonakh Rossii* – Concrete technology in the best concretes of Russia. Moscow, 2007, no. 3, pp. 44–46. (in Russian).
3. Miroshnichenko K.K. *Patent 54096 Ukraïni, MPK 7 V 28 S 5/16. Zmishuvach*; [Patent 54096 of Ukraine, IPC 7 B 28 C 5/16. Mixing machine]. *zayavnik i patentovlasnik PDABA, Miroshnichenko K. K. – zayavl. 10.05.2002; opubl. 17.02.2003, Byul. №2. Patent holder PSACEA, Miroshnichenko K. K. Applied 10.05.2002; publ. 17.02.2003, Bulletin № 2.* (in Ukrainian) .
4. Kozhevnikov S. N. *Teoriya mekhanizmov i mashyn* [Theory of mechanisms and machinery]. Moscow, Mashynostroenie, 1989. 583 p. (in Russian).
5. Kolchin K. M. *Mekhanika mashyn* [Machinery mechanics]. Mashynostroenie, 1972. vol. 2, 456 p. (in Russian).
6. Koroliov K. M. *Intensifikatsiya prigotovleniya betonnoy smesi* [Intensivment of concrete mix manufacture]. Moscow, Stroyizdat, 1976. 58 p. (in Russian).
7. Koroliov K. M. *Effektivnost' prigotovleniya betonnykh smesey* [Enhancement of concrete mix manufacture]. *Mekhanizatsiya stroitel'stva - Building machinery.* 2003, no.6, pp. 7–8 (in Russian).
8. Miroshnychenko K. K. *Puti povysheniya odnorodnosti fibrobetona* [Ways of improvement of fibre concrete homogeneity]. *Stroitel'stvo, materialovedenie, mashynostroenie* –Construction, materials science, mechanical engineering. Dnepropetrovsk, 2011, pp.467-470 (in Russian).
9. Miroshnychenko K. K. *Uvelichenie nadezhnosti i dolgovechnosti zdaniy pri ikh rekonstruktsii putem primeneniya fibroarmirovannykh kompozitsionnykh materialov* [Enhancement of reliability and durability of buildings during their reconstruction by means of fibre reinforced composite materials]. *Novyny nauky Prydniprovia* – News of science of Prydniprovia. Dnepropetrovsk, 2006, no.1, pp. 32 - 34. (in Russian).
10. Tarshys M. Yu. *Novye apparaty s elastichnymi rabochimi elementami dlya smeshvaniya sypuchikh sred. Teoriya i raschet* [New devices with flexible working elements for mixing granular media. Theory and calculation]. Yaroslavl, 2003. 83p. (in Russian).
11. Panov I. V. *Problemye voprosy proektirovaniya zaschitnykh sooruzhenij grazhdans'koj oborony v sovremennykh usloviyakh* [Problematic issues of designing of civil defense structures]. *Tekhnologiya grazhdanskoj bezopasnosti* – Technology civil safety, 2010, vol. 7, pp. 52- 59 (in Russian).
12. Matias D., Britode J., Rosa A., Pedro D. Mechanical properties of concrete produced with recycled coarse aggregates – influence of the use of super plasticizers. *Construction and building materials.* 2013, v. 44, pp. 101– 109.
13. Nagrockiene D., Pundiene I., Kicaite A. The effect of cement type and plasticizer addition on concrete properties. *Construction and building materials.* 2013, vol. 45, pp. 324–331.

Статья рекомендована к публикации 29.01.2015 г. Рецензент: д. т. н., проф. А. И. Белоконь.
 Поступила в редколлегию 02.04.2015 г. Принята к печати 28.05.2015 г.