

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 691.54:514.18

К. К. МИРОШНИЧЕНКО^{1*}

^{1*}Каф. «Начертательная геометрия и графика», Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, Днепропетровск, Украина, 49600, тел. +38 (0562) 756 33 80, эл. почта mirfb@mail.ru, ORCID 0000-0002-6221-0332

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СМЕСИТЕЛЕЙ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИИ

Цель. Использование традиционных технологических приемов для получения однородных фиброармированных бетонов не обеспечивает создание качественных высокооднородных строительных материалов. Данное исследование направлено на разработку (с применением геометрического моделирования) различных вариантов рабочих органов смесителей, обеспечивающих эффективное перемешивание строительных составов из фибробетона. **Методика.** Проведенный комплекс теоретических исследований позволил сформулировать принципы проектирования ресурсосберегающей технологии производства дисперсно-армированных составов с высокими эксплуатационными свойствами. С использованием геометрического моделирования разработаны различные варианты лопастей рабочих органов смесителей сложной геометрической формы, обеспечивающих качественное перемешивание фиброармированного мелкозернистого материала. **Результаты.** На основе проведенных теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку принципиально новых подходов к приготовлению (перемешиванию) фибробетонов с различными типами фибр и изготовлению изделий из них, автором были получены определенные результаты. А именно – разработана технология приготовления фибробетона с применением смесителей телескопической конструкции и эффективными лопастями сложной формы. Применение разработанных лопастей позволяет получать однородные фибробетонные композиции. За счет высокого качества перемешивания сокращается время приготовления смеси. Данный фактор позволяет сократить затраты на ремонт оборудования и электроэнергию. **Научная новизна.** Автором разработана конструкция смесителя с рабочим органом телескопического типа с лопастями сложной формы. **Практическая значимость.** Использование предложенной технологии перемешивания дисперсно-армированного материала с применением смесителя с рабочим органом телескопической конструкции и лопастями сложной геометрической формы обеспечивает высокую однородность фибробетонной композиции. Предложенные автором технологические приемы производства позволяют существенно расширить области применения фиброармированных мелкозернистых бетонов.

Ключевые слова: ресурсосберегающая технология; лопасть; смеситель; фибробетон; геометрическое моделирование

Введение

Использование дисперсно-армированных строительных составов позволяет существенно усилить строительные конструкции за счет

повышения их сопротивления ударным нагрузкам, а также растяжению и изгибу [3; 13]. Но, как показывает практика, сегодня на производстве трудно получить однородные фиброармированные бетоны. Причина этого –

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

использование традиционных технологических приемов для приготовления такого сложного материала, как фибробетон. Применение смесительного оборудования для бетонов и растворов не обеспечивает получение высокооднородного дисперсно-армированного материала.

Цель

Целью данной работы является разработка с применением геометрического моделирования различных вариантов рабочих органов смесителей, обеспечивающих эффективное перемешивание строительных составов из фибробетона.

Методика

В статье приведены материалы по использованию методов геометрического моделирования для разработки смесителя телескопической конструкции с эффективными лопастями сложной формы.

Применение таких лопастей обеспечивает эффективный режим перемешивания фибробетонных композиций.

Анализ литературных источников показал, что существующие технологические схемы приготовления бетонов и растворов не обеспечивают высокое качество приготовления фиброармированного мелкозернистого материала [1–4].

Разработано множество оборудования [5–15] для перемешивания бетонных композиций. Но для такого композита, как фибробетон нужен другой принцип перемешивания, а значит и другое оборудование.

Результаты

Нами были проведены теоретические и экспериментальные исследования, направленные на разработку принципиально новых подходов к приготовлению (перемешиванию) фибробетонов с различными типами фибр и изготовлению изделий из них.

В результате исследований было установлено, что при движении лопасти в виде плоского элемента, которая расположена перпендикулярно к направлению ее движения, образуется ядро уплотнения, расположенное

перед ней. Это ядро вызывает в фибробетонной смеси сдвиговые явления, характер которых показан на рис. 1.



Рис. 1. Образование ядра уплотнения перед лопастью в виде пластины и сдвиговые явления перед ней

Fig. 1. Bulb of pressure formation in front of the blade in the form of a plate and shear phenomena in front of it

Дальнейшие эксперименты показали, что с увеличением угла наклона лопасти к горизонтальной плоскости это ядро уплотнения фибробетонной смеси начинает резко возрастать. Ниже на рис. 2 показано образование за лопастью в виде плоского элемента пустоты и траектория движения такой мелкозернистой смеси по лопасти, а точнее, процесс последующего накопления смеси перед лопастью (см. рис. 3).

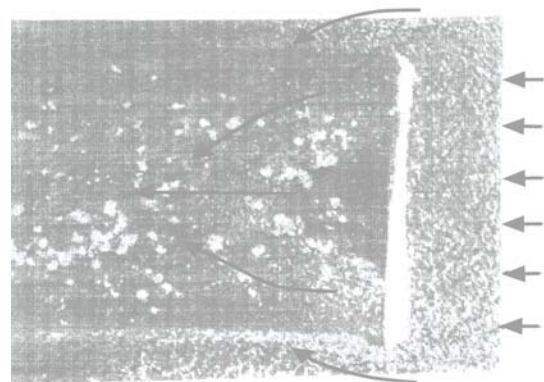


Рис. 2. Образование за лопастью пустоты и направления потоков смеси после воздействия лопасти

Fig. 2. The void formation at the blade and the direction of flows of the mixture after exposure of the blade

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Данные эксперименты являлись базовыми для исследования движения лопастей более сложной геометрической формы.

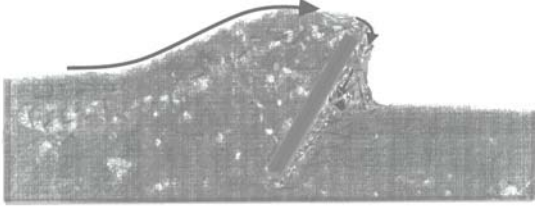


Рис. 3. Процесс накопления смеси перед лопастью и траектория движения фибробетонной смеси

Fig. 3. The process of mixture accumulation in front of the blade and the trajectory of the fiber-reinforced concrete mixture

Исследования подтвердили некоторые результаты работ с бетонными смесями авторов [3, 4] и показали, что КПД лопасти в виде плоского элемента зависит от угла подъема линии скольжения компонентов фибробетонной или другой строительной смеси по лопасти по отношению к вектору скорости, а также от угла установки лопасти. Угол подъема линии скольжения зависит от углов установки лопасти.

Были проведены также эксперименты по исследованию влияния длины фибры и угла наклона лопасти на величину ядра уплотнения смеси ($l_{я}$) перед лопастью и на величину (высоту) слоя перехода ($l_{п}$) смеси через лопасть. На рис. 4 показано определение размера ядра уплотнения фибробетона, расположенного перед лопастью и слоя перехода смеси через лопасть.

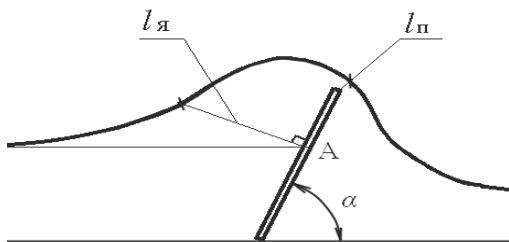


Рис. 4. Схема определения размера ядра уплотнения фибробетона, расположенного перед лопастью и слоя перехода смеси через лопасть

Fig. 4. The scheme for determining the bulb of pressure size in fiber-reinforced concrete, located in front of the blade and transition layer of the mixture through the blade

Из графика, изображенного на рис. 5 видно, что введение в дисперсно-армированную смесь 3 % фибры Ц-15 ЖТ длиной 10 мм (при $V/C=0,45$) увеличивает величину слоя перехода смеси через лопасть более чем в 2 раза (при угле наклона лопасти до 60°). При $\alpha = 75^\circ$ – $l_{п}$ еще больше (почти в 3 раза).

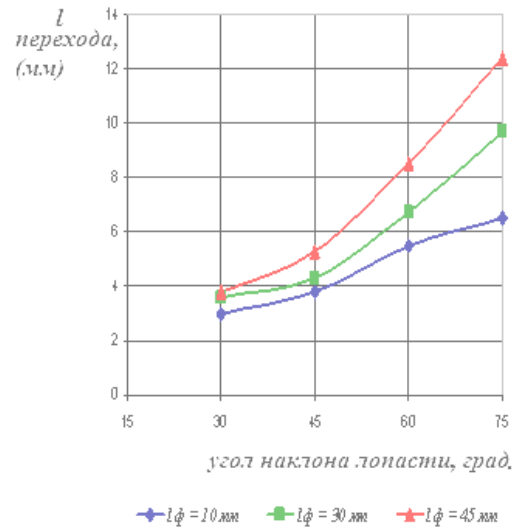


Рис. 5. Зависимость высоты слоя перехода смеси от угла наклона лопасти

Fig. 5. Height dependence of the mixture transition layer from the blade pitch angle

У состава с фиброй длиной 45 мм эта величина вдвое больше по сравнению со смесью, армированной фиброй длиной 10 мм при угле наклона лопасти 45° . Размер же ядра уплотнения фибробетона резко возрастает с увеличением угла наклона лопасти до 60° , затем (до 75°) тоже увеличивается, но не так интенсивно.

С увеличением количества и длины дисперсной арматуры величина ядра уплотнения также увеличивается (на 10–17 %).

Величина же ядра уплотнения (рис. 6) показывает, что уже в начальный период смешивания дисперсно-армированная смесь становится малоподвижной, ведь фибры являются анкерами. Одно деление шкалы $l_{я}$ на графике равно $l_{перехода}$ ($l_{п}$).

Таким образом, установлено, что параметры фибры и величина угла наклона лопасти оказывают существенное влияние на величину ядра уплотнения и высоту слоя перехода смеси через лопасть. Это характеризует в какой – то

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

степени подвижность фибробетонного состава или его способность к расслоению.

Нам же необходимо это было знать для дальнейшего конструирования рабочих органов различных типов смесителей, так как форма лопасти должна обеспечивать интенсивное перемешивание всех компонентов фибробетона.

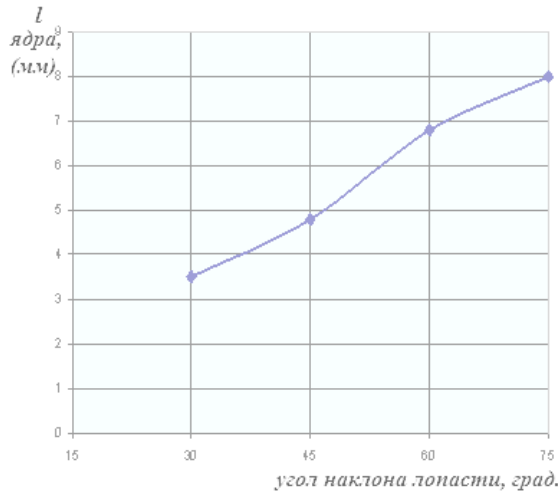


Рис. 6. Зависимость размера ядра уплотнения смеси от угла наклона лопасти

Fig. 6. The dependence of the bulb of pressure size of the mixture from the blade pitch angle

Далее было исследовано влияние различного сочетания форм лопасти в виде кривых поверхностей (рис. 7) на процесс перемешивания компонентов.

На рисунке показаны лопасти небольшого размера. Одни из лопастей представляют собой кривую поверхность, образованную прямой образующей и двумя направляющими линиями, (например, прямой и кривой в виде дуги окружности). Такие лопасти используются для приготовления литых фибросодержащих композиций.

В другом варианте лопасть имеет другую форму, которая представляет собой сложную кривую поверхность, образованную движением прямой образующей по двум кривым в виде синусоид, расположенным зеркально между собой. На рис. 7 снизу показана лопасть, которая образована из двух таких кривых поверхностей. Преимущество такой лопасти перед другими в том, что попадающая под ее воздействие смесь разбивается на несколько

потоков, которые затем проникают друг в друга. В результате эффективность смешивания компонентов смеси резко возрастает, а время перемешивания дисперсно-армированного материала сокращается.



Рис. 7. Варианты лопастей переменного профиля

Fig. 7. Options for variable profile blades

Было также установлено, что степень смешивания компонентов смеси в начальный период воздействия лопастей разной геометрической формы различна. В дальнейшем, после образования потоков смеси лопастями, эти потоки смешиваются с участками композиции, находящимися в непосредственной близости. Но на первоначальном этапе перемешивания компонентов важно знать их движение после контакта с лопастью. Эта работа по моделированию указанной ситуации была и сложной, и интересной. Приходилось окрашивать некоторые компоненты в разные цвета, вводить в готовящуюся смесь окрашенные растворы и останавливать сразу смеситель для фиксации степени перемешивания. Повторить один и тот же опыт на 100 % практически невозможно. Но увидеть какую-то закономерность можно.

Ниже на рис. 8 показаны направления господствующих потоков смеси после воздействия лопастей различной геометрической формы.

С целью интенсификации процесса перемешивания нами были разработаны различные смешивающие устройства.

Научная новизна и практическая значимость

В данной работе представлена конструкция смесителя с рабочим органом телескопической конструкции с неподвижной чашей и вертикально расположенным валом.

Наша задача состояла в том, чтобы уменьшить сопротивление смеси на лопасти за счет их своеобразной геометрической формы, которая будет «заставлять» смесь разделяться на потоки, что в дальнейшем приведет к перемешиванию и самих потоков фибробетонной (или любой другой) массы. В одном из вариантов смесителя (рис. 9) рабочий орган представляет собой вертикальный вал, на котором крестообразно жестко закреплены направляющие втулки, в которые входят направляющие рукоятки-стойки с лопастями.

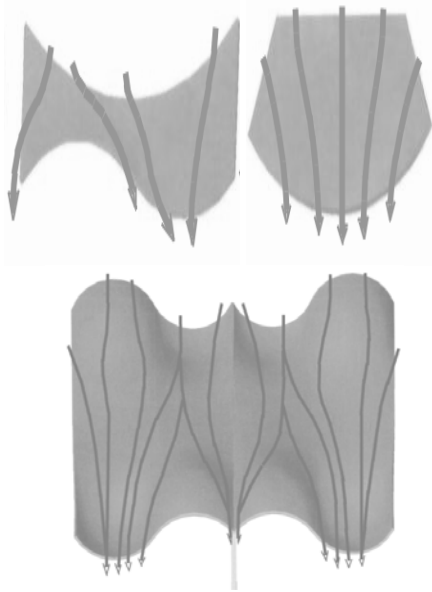


Рис. 8. Схемы направления господствующих потоков смеси после воздействия лопастей различной геометрической формы

Fig. 8. Directions diagram of the prevailing flows of the mixture after exposure of the blades of different geometrical shape

Причем, конструктивным отличием от подобных аналогов является то, что рукоятки имеют телескопическую конструкцию. То есть, они имеют возможность входить в направляющие втулки и выходить из них (могут крепиться на разном удалении от вала).

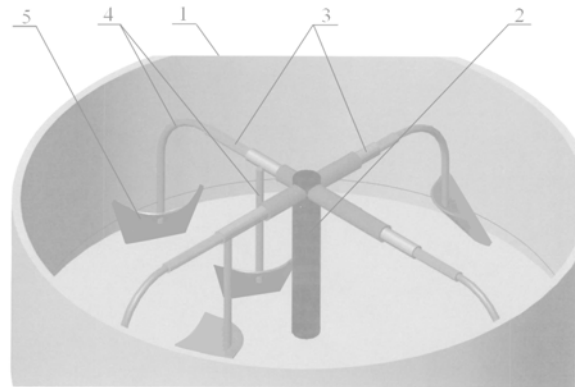


Рис. 9. Фрагмент смесителя с рабочим органом телескопической конструкции:

1 – емкость; 2 – вал; 3 – направляющие втулки; 4 – направляющая рукоятка телескопической конструкции; 5 – лопасти с различной зоной воздействия на смесь

Fig. 9. A fragment of a mixer with a working body of a telescopic design:

1 – container; 2 – shaft; 3 – guides; 4 – guide handle of telescopic design; 5 – blades with varying area effects on the mixture

В одном из вариантов внутри направляющих втулок установлены пружины, в которые упираются рукоятки. В зависимости от воспринимаемой нагрузки, рукоятки с лопастями (лопатками) могут выдвигаться или задвигаться (то есть, менять траекторию движения). Такие смесительные лопатки движутся по индивидуальной траектории, подавая перемешиваемый материал в зону работы соседней лопатки. Крайние лопатки смесителя исполняют роль отборных скребков. На данном рисунке они не показаны. Здесь акцент делается на конструкцию штанг-рукояток.

Таким образом, это означает, что в емкости не будет зон, через которые не проходят лопасти. Кроме этого, на одной или нескольких рукоятках может быть закреплено несколько лопастей с разными радиусами воздействия на смесь.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что параметры фибры и величина угла наклона лопасти оказывают существенное влияние на величину ядра уплотнения и высоту слоя перехода смеси через лопасть. Это характеризует в какой-то степени подвижность

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

фібробетонного складу або його здатність до розшарування. Досліджено також вплив різного поєднання форм лопасті в вигляді кривих поверхонь на процес перемішування компонентів.

На основі проведених експериментів була розроблена технологія приготування фібробетону з використанням сумісників телескопічної конструкції з ефективними лопастями складної форми.

Застосування розроблених сумісників з лопастями складної форми дозволяє отримувати однорідні фібробетонні композиції. Завдяки високому якості перемішування скорочується час приготування суміші. Це скорочує також витрати на ремонт обладнання та електроенергію. Предложені нами технологічні прийоми виробництва дозволяють суттєво розширити сферу застосування фібробетонів.

СПИСОК ІСПОЛЬЗОВАНИХ
ІСТОЧНИКІВ

- Емельянова, И. А. Новый принцип создания бетоносмесителей принудительного действия / И. А. Емельянова, А. М. Баранов, В. В. Блажко // Тр. междунар. науч.-техн. конф. «Интерстроймех-2005». – Тюмень, 2005. – С. 38–43.
- 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.
- Иванова, А. П. Анализ и перспективы применения эффективных ресурсосберегающих технологий в производстве бетона / А. П. Иванова, О. И. Труфанова // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2014. – № 5 (53). – С. 150–156. doi: 10.15802/stp2014/30453.
- Кожевников, С. Н. Теория механизмов и машин / С. Н. Кожевников. – Москва : Машиностроение, 1969. – 583 с.
- Колчин, К. М. Механика машин / К. М. Колчин. – Ленинград : Машиностроение, 1972. – Т. 2. – 456 с.
- Королев, К. М. Интенсификация приготовления бетонной смеси / К. М. Королев. – Москва : Стройиздат, 1976. – 58 с.
- Королев, К. М. Эффективность приготовления бетонных смесей / К. М. Королев // Механизация строительства. – 2003. – № 6. – С. 7–8.
- Мирошниченко, К. К. Пути повышения однородности фибробетона / К. К. Мирошниченко // Стр-во, материаловедение, машиностроение : сб. тр. междунар. науч.-техн. конф. – Днепропетровск, 2011. – С. 467–470.
- Мирошниченко, К. К. Увеличение надежности и долговечности зданий при их реконструкции путем применения фиброармированных композиционных материалов / К. К. Мирошниченко // Новини науки Придніпров'я. – 2006. – № 1. – С. 32–34.
- Новые аппараты с эластичными рабочими элементами для смешивания сыпучих сред. Теория и расчет / М. Ю. Таршис, И. А. Зайцев, Д. О. Бытев [и др.]. – Ярославль : ЯГТУ, 2003. – 83 с.
- Панов, И. В. Проблемные вопросы проектирования защитных сооружений гражданской обороны в современных условиях / И. В. Панов, В. И. Пчелкин, Д. Г. Москальков // Техн. гражд. безопасности. – 2010. – Т. 7, № 4. – С. 52–59.
- Пат. 54096 Україна, МПК 7 В 28 С 5/16. Змішувач / Мірошниченко К. К. ; заявник і патентовласник ПДАБА. – № 2002053833. – заявл. 10.05.02 ; опубл. 17.02.03, Бюл. № 2. – 3 с.
- Panchenko, S. P. Numerical simulation of viscoelastic materials / S. P. Panchenko // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – 2014. – № 5 (53). – P. 157–165. doi: 10.15802/stp2014/30811.
- 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. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.03.011.
- Nagrockiene, D. The effect of cement type and plasticizer addition on concrete properties / D. Nagrockiene, I. Pundiene, A. Kicaite // Construction and Building Materials. – 2013. – Vol. 45. – P. 324–331. doi: 10.1016/j.conbuild-mat.2013.03.076.

К. К. МІРОШНИЧЕНКО^{1*}

^{1*}Каф. «Нарисна геометрія та графіка», Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, Дніпропетровськ, Україна, 49600, тел. +38 (0562) 756 33 80, ел. пошта mirfb@mail.ru, ORCID 0000-0002-6221-0332

ВИКОРИСТАННЯ ГЕОМЕТРИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ЗМІШУВАЧІВ ТЕЛЕСКОПІЧНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Мета. Використання традиційних технологічних прийомів для одержання однорідних фіброармованих бетонів не забезпечує створення якісних високооднорідних будівельних матеріалів. Дане дослідження спрямоване на розробку (із застосуванням геометричного моделювання) різних варіантів робочих органів змішувачів, що забезпечують ефективне перемішування будівельних матеріалів із фібробетона. **Методика.** Проведений комплекс теоретичних досліджень дозволив сформулювати принципи проектування ресурсозберігаючої технології виробництва дисперсно-армованих складових із високими експлуатаційними властивостями. З використанням геометричного моделювання розроблені різні варіанти лопатей робочих органів змішувачів складної геометричної форми, що забезпечують якісне перемішування фіброармованого дрібнозернистого матеріалу. **Результати.** На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень, спрямованих на розробку принципово нових підходів до приготування (перемішування) фібробетонів із різними типами фібр та виготовлення виробів із них, автором були отримані певні результати. А саме – розроблена технологія приготування фібробетону з застосуванням змішувачів телескопічної конструкції із ефективними лопатями складної форми. Застосування розроблених лопатей дозволяє отримувати однорідні фібробетонні композиції. За рахунок високої якості перемішування скорочується час приготування суміші. Даний фактор дозволяє скоротити витрати на ремонт обладнання та електроенергію. **Наукова новизна.** Автором розроблена конструкція змішувача з робочим органом телескопічного типу з лопатями складної форми. **Практична значимість.** Використання запропонованої технології перемішування дисперсно-армованого матеріалу із застосуванням змішувача з робочим органом телескопічної конструкції із лопатями складної геометричної форми забезпечує високу однорідність фібробетонної композиції. Запропоновані автором технологічні прийоми виробництва дозволяють істотно розширити області застосування фіброармованих дрібнозернистих бетонів.

Ключові слова: ресурсозберігаюча технологія; лопать; змішувач; фібробетон; геометричне моделювання

К. К. MIROSHNYCHENKO^{1*}

^{1*}Dep. «Descriptive Geometry and Graphics», State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernyshevskiy St., Dnipropetrovsk, Ukraine, 49600, тел. +38 (0562) 756 33 80, e-mail mirfb@mail.ru, ORCID 0000-0002-6221-0332

USING THE GEOMETRIC SIMULATION AT PLANNING OF MIXERS OF TELESCOPIC CONSTRUCTION

Purpose. The use of traditional processing methods to obtain a homogeneous fiber reinforced concrete does not ensure the creation of high quality, homogeneous construction materials. This study aims to develop (with the use of geometric simulation of different variants of the working parts of faucets, ensures effective mixing of building structures from concrete. **Methodology.** The complex of theoretical research allowed formulating the design principles of resource-saving technologies of production of particulate-reinforced compounds with high performance properties. Using the geometric simulation developed different versions of the blades of the working bodies of mixers with the complex geometric shapes, providing excellent mixing of the the fiber-reinforced fine-grained material. **Findings.** As a result of theoretical and experimental studies aimed at developing the fundamentally new approaches to the preparation (mixing) of fiber-reinforced concrete with different types of fibers and the manufacture of products from them, the author obtained some results. Namely the technology of preparation of fiber-reinforced concrete using telescopic design mixers with effective blades of complex shape was developed. Application of the developed blades allows obtaining a homogeneous fiber-reinforced concrete composition. Due to the high quality of mixing the time of preparation of the mixture reduces. This factor reduces the repair costs of equipment and electricity. **Originality.** The author developed the design of the mixer with the working body of the telescopic type with blades of complex shape. **Practical value.** The use of the proposed technology of mixing a particle-reinforced material with the use of the mixer with a working body of a telescopic design with blades with complex geometric shapes provides the high uniformity of fiber-reinforced concrete composition. The author proposed technological methods of production, allow expanding the scope of fibroareolar fine-grained concrete significantly.

Keywords: resource-saving technology; blade; mixer; fiber-reinforced concrete; geometric simulation

REFERENCES

1. Yemelyanova I.A., Baranov A.M., Blazhko V.V. Novyy printsip sozdaniya betonosmesiteley prinuditel'nogo deystviya [A new principle of creation of forced action mixers]. *Trudy mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii Interstroyekh-2005* [Proc. of International Scientific-Technical Conf. «Interstroyekh-2005»]. Tyumen, 2005, pp. 38-43.
2. Yemelyanova I.A., Baranov A.M., Blazhko V.V. Osobennosti protsessa prigotovleniya betonnoy smesi v trekhvalnom smesitele [Features of the process of preparation of the concrete mix in the three-shaft mixer]. *Tekhnologii betonov – Concrete Technologies*, 2007, no. 3, pp. 44-46.
3. Ivanova A.P., Trufanova O.I. Analiz i perspektivy primeneniya effektivnykh resursosberegayushchikh tekhnologiy v proizvodstve betona [Analysis and prospects of application of resource-efficient technologies in the production of concrete]. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2014, no. 5 (53), pp. 150-156. doi: 10.15802/stp2014/30453.
4. Kozhevnikov S.N. *Teoriya mekhanizmov i mashin* [Theory of mechanisms and machines]. Moscow, Mashinostroeniye Publ., 1969. 583 p.
5. Kolchin K.M. *Mekhanika mashin* [Mechanics of machines]. Leningrad, Mashinostroeniye Publ., 1972, vol. 2. 456 p.
6. Korolev K.M. *Intensifikatsiya prigotovleniya betonnoy smesi* [Intensification of concrete mixing]. Moscow, Sroyizdat Publ., 1976. 58 p.
7. Korolev K.M. Effektivnost prigotovleniya betonnykh smesey [The effectiveness of the concrete mixes preparation]. *Mekhanizatsiya stroitelstva – Mechanization of Construction*, 2003, no. 6, pp. 7-8.
8. Miroshnichenko K.K. Puti povysheniya odnorodnosti fibrobetona [Ways to improve the uniformity of fiber-reinforced concrete]. *Sbornik trudov Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. Stroitelstvo, materialovedeniye, mashinostroeniye* [Proc. of Intern. Scientific-Technical Conf. The Construction, Materials Science and Engineering]. Dnepropetrovsk, 2011, pp. 467-470.
9. Miroshnichenko K.K. Uvelicheniye nadezhnosti i dolgovechnosti zdaniy pri ikh rekonstruktsii putem primeneniya fibroarmirovannykh kompozitsionnykh materialov [Increasing of the reliability and durability of the building is being reconstructed by applying fiber-reinforced composite materials]. *Novyny nauky Prydniprovia – Science News of Prydniprovie*, 2006, no. 1, pp. 32-34.
10. Tarshis M.Yu., Zaytsev I.A., Bytev D.O., Zaytsev A.I., Sidorov V.N. *Novyye apparaty s elastichnymi rabochimi elementami dlya smeshivaniya sypuchikh sred. Teoriya i raschet* [New devices with flexible working elements for mixing solids. Theory and design]. Yaroslavl, Yaroslavskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet Publ., 2003. 83 p.
11. Panov I.V., Pchelkin V.I., Moskalkov D.G. Problemnyye voprosy proyektirovaniya zashchitnykh sooruzheniy grazhdanskoj oborony v sovremennykh usloviyakh [Problematic issues in the design of protective structures of civil defense in modern conditions]. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti – Civil Security Technologies*, 2010, vol. 7, no. 4, pp. 52-59.
12. Miroshnichenko K.K. *Zmishuvach* [Mixer]. Patent UA, no. 2002053833.
13. Panchenko S.P. Numerical simulation of viscoelastic materials. *Nauka ta prohres transportu. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu – Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2014, no. 5 (53), pp. 157-165. doi: 10.15802/stp2014/30811.
14. Matias D., de Brito J., Rosa A., Pedro D. Mechanical properties of concrete produced with recycled coarse aggregates – Influence of the use of superplasticizers. *Construction and Building Materials*, 2013, vol. 44, pp. 101-109. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.03.011.
15. 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. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.03.076.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. В. Д. Петренко (Украина); д.т.н., проф. Белоконь А. И. (Украина)

Поступила в редколлегию 30.03.2015

Принята к печати 30.07.2015