

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ГРАВИТАЦИОННЫЙ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЬ С АНТИНАЛИПАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ БАРАБАНА

*Минин В.В., Кузнецов Г.А., Раилко М.Ю., Мальков А.Д.
Сибирский федеральный университет, Красноярск*

Ключевые слова: гравитационный бетоносмеситель, многокомпонентная смесь, магнитный нанопорошок, конденсаторы на кремнии.

Аннотация. В настоящее время как в нашей стране, так и за рубежом широко используются малогабаритные бетоносмесители. Преимуществом таких машин является простота конструкции и надежность, малый вес, возможность перемешивать небольшие объемы смеси, быстрая разгрузка в результате опрокидывания барабана, а также небольшое энергопотребление. К недостаткам бетоносмесителей данного типа относят невысокую эффективность смешивания составов из крупных компонентов. Для повышения эффективности использования данного вида бытового оборудования целесообразно проведение исследований в области прогрессивных методов, таких как омагничивание воды затворения, интенсификация процесса смешивания, применение физических эффектов и нанотехнологий. В работе решена актуальная задача повышения эффективности малогабаритного бетоносмесителя за счет снижения энергопотерь на трение компонентов раствора о стенки барабана. Поставленная цель достигнута путем анализа конструктивных решений малогабаритных бетоносмесителей бытового назначения; изучения физического процесса налипания (адгезии и когезии) компонентов смеси на поверхность барабана бетоносмесителя, разработки физико-химической математической модели процесса перемешивания компонентов материала в бетоносмесителе при воздействии электромагнитного поля, проведения экспериментальных исследований процесса нагружения привода бетоносмесителя, разработки методики инженерного расчета параметров малогабаритного бетоносмесителя бытового назначения. Техническое предложение позволило снизить энергетические потери на трение компонентов смеси в 1,5 раза.

SMALL GRAVITY CONCRETE MIXER WITH ANTI-STICKING DRUM SURFACE

*Kuznetsov G.A., Minin V.V., Railko M.Yu., Malkov A.D.
Siberian Federal University, Krasnoyarsk*

Keywords: gravity concrete mixer, multicomponent mixture, magnetic nanopowder, silicon capacitors.

Abstract. At present, both in our country and abroad, small-sized concrete mixers are widely used. The advantage of gravity concrete mixers is their simplicity and reliability, low weight, the ability to mix large volumes of mixture, as well as fast unloading due to drum overturning and low power consumption. The disadvantage of concrete mixers of this type is their low efficiency of mixing compositions of small components, as well as a long mixing time. From the point of view of the required increase in the efficiency of using this type of household equipment, it is advisable to conduct research in the field of progressive methods, such as magnetization of mixing water, intensification of the mixing process, the use of physical effects and nanotechnologies. The paper solves the urgent problem of increasing the efficiency of a small-sized concrete mixer by reducing energy losses due to the friction of the mortar components against the drum walls. This goal was achieved by: analysis of design solutions for small-sized domestic concrete mixers; studying the physical process of sticking (adhesion and cohesion) of the mixture components on the surface of the concrete mixer drum; development of a physical and chemical mathematical model of the process of mixing the material components in a concrete mixer under the influence of an electromagnetic field; carrying out experimental studies of the process of loading the concrete mixer drive; development of a methodology for engineering calculation of the parameters of a small-sized domestic concrete mixer. The progressive technical proposal made it possible to reduce the energy losses due to friction of the mixture components by 1.5 times.

Введение. Широкое применение малогабаритных бетоносмесителей гравитационного типа обусловлено простотой конструкции, надежностью, мобильностью и небольшим энергопотреблением. Также в качестве преимуществ рассматривают возможность перемешивать небольшие объемы смеси и осуществлять быструю разгрузку путём опрокидывания барабана [1, 2]. Отмечают и недостаток данного типа бетоносмесителей, в частности малую эффективность смешивания составов из крупных компонентов.

Цель исследования. В представленной работе решена актуальная проблема повышения эффективности малогабаритного бетоносмесителя путём улучшения качества конечного продукта смешивания компонентов под воздействием магнитного поля и снижения энергопотерь на трение компонентов раствора о стенки барабана.

Данная цель исследования достигается за счёт применения известного физического эффекта электроосмоса.

Обсуждение и результаты. На основе проведенного анализа конструктивных решений малогабаритных бетоносмесителей бытового назначения сформирована концепция совершенствования конструкции малогабаритного бетоносмесителя бытового назначения БС-52Л, разработанного в Сибирском федеральном университете.

Гравитационный бетоносмеситель (рис. 1) имеет привод, состоящий из коллекторного электродвигателя постоянного тока напряжением 12 В, с возбуждением постоянными магнитами и червячного редуктора с металлополимерной червячной передачей, монтажную раму и пластмассовый барабан (коническо-конический) из полипропилена низкого давления (объем барабана – 52 литра) с встроенной системой накопителей энергии в виде конденсаторов.

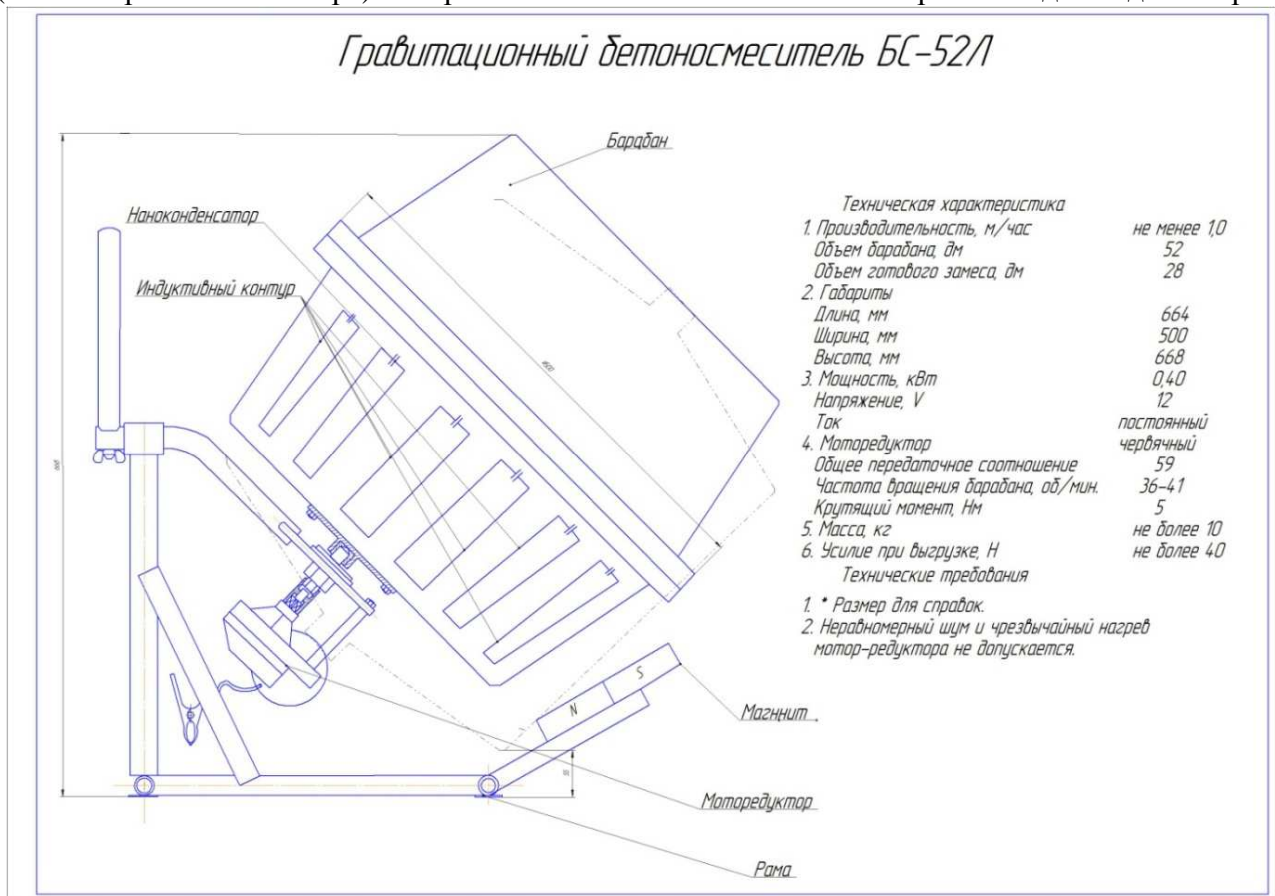


Рис. 1. Техническое предложение гравитационный бетоносмеситель БС-52Л [4, 5]

В качестве привода опытных образцов бетоносмесителей, предложено использовать мотор-редуктор с полимерными шестернями от привода дворников автомобиля ВАЗ-21099. Барабан закреплен в центре оси вращения на валу редуктора. Для увеличения жесткости в нижней части барабана закреплена стальная пластина круглой формы, повторяющей форму днища барабана.

В существующую, хорошо зарекомендовавшую себя в эксплуатации конструкцию бетоносмесителя внесены следующие изменения. Барабан дооснащён

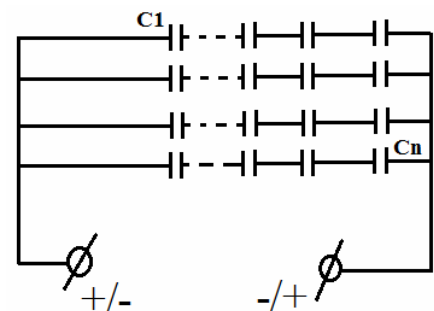


Рис. 2. Схема индуктивного контура бетоносмесителя

индуктивными контурами (рис. 2), расположенными по внутренней поверхности барабана. В контуры включены последовательно-параллельно соединенные оригинальные конденсаторы на пористом кремнии, разработанные по результатам исследований авторов данной работы [3].

Были проведены экспериментальные исследования формирования конденсаторных структур на основе пористого кремния с помощью достаточно простой и дешевой технологии электрохимического анодирования. Установлена возможность применения полученных структур [3] для создания емкостных накопителей энергии, которые применяются в качестве конденсаторов в индуктивном контуре разработанной авторами конструкции малогабаритного бетоносмесителя [5-7]. Последовательное соединение конденсаторов позволяет увеличить общий заряд индуктивного контура, а их параллельное соединение – увеличить значение силы тока в цепи. Известно, что емкостное сопротивление равно

$$X_c = 1/\omega C,$$

где X_c – емкостное сопротивление, Ом; ω – угловая частота; C – емкость потребителя в фарадах.

Емкость индуктивного контура зависит от скорости вращения барабана.

На раме закреплен неодимовый магнит (рис. 3) размером 70×50 мм.

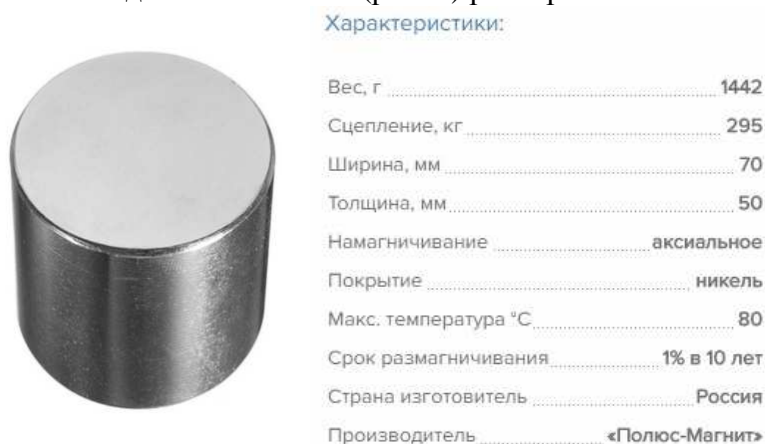


Рис. 3. Неодимовый магнит и его характеристики

Работает данное устройство по следующему принципу. При вращении барабана посредством мотора редуктора происходит периодическое пересечение магнитных линий замкнутого контура электроцепи с конденсатором [8]. Напряжение в цепи повышается путем накопления ЭДС конденсатора. На поверхности барабана, в жидком нанослое, происходит физический процесс электроосмоса [9, 10]. За счет этого явления трение между компонентами смеси и стенкой барабана снижается в 1,3-1,5 раза. Это экспериментально подтверждается исследованиями авторов и не противоречит выводам других ученых [11-13], применительно к другим техническим устройствам.

Для увеличения качественных показателей перемешивания многокомпонентной смеси, где каждый из компонентов обладает различными физико-химическими свойствами, авторами предложено в цементный раствор добавлять магнитный нанопорошок, полученный по технологии, обеспечивающей размер частиц около 10 нм, тем самым воздействуя на них магнитным полем и заставляя частицы двигаться вместе с цементным раствором. Процесс под увеличением электронного микроскопа представлен на рисунке 4.

Во время перемешивания движется вся смесь, а не только верхние слои. Таким образом достигается однородность раствора. Перемешивание становится качественнее. За счет полипропиленового материала



Рис. 4. Процесс перемешивания частиц цемента и частиц магнитного нанопорошка

барабана цементный состав плохо прилипает к внутренней поверхности. Это обстоятельство позволяет эффективно очищать поверхность от смешиваемых материалов после завершения технологического процесса. За счет неодимового магнита и индуктивного контура происходит магнитная активация воды затворения [6, 8, 9]. Данный эффект объясняется тем, что при затворении обычной водой отмечается длительный период выкристаллизовывания портландцемента. При затворении омагниченной водой пластическая прочность портландцемента начинает расти сразу после затворения. Положительными эффектами от использования омагниченной воды является ускоренная гидратация цемента, рост количества кристаллов сульфата алюмината кальция и гидроокиси кальция при общей тенденции к снижению размеров кристаллов. Прочность бетона с применением данной воды затворения увеличивается на 10-25% [9]. Это позволяет существенно повысить качество получаемой продукции.

Магнитная обработка воды затворения влияет на кинетику твердения: изменяется скорость схватывания и пластическая прочность цементного теста, снижается размерность цементных гранул, активизируется процесс гидратации [11-13]. Затворение бетонных смесей магнитоактивированной водой интенсифицирует процессы растворения и гидратации портландцемента в ранние сроки твердения и ускоряет выделение более мелких новообразований, а это приводит к снижению пористости, увеличению плотности и морозостойкости готовых бетонов [9]. Добавление нанопорошка не только улучшает перемешивание, но и повышает прочность цемента за счет частиц порошка. Авторами экспериментально установлено, что нано порошок побочных эффектов, влияющих на качество раствора, не создает. Он устойчив к влаге, не разрушается и не подвергается коррозии.

Выводы. Разработанная авторами конструкция бетоносмесителя с интенсификатором перемешивания компонентов смеси посредством накопителя энергии в виде системы конденсаторов на пористом кремнии и постоянного магнита является новым техническим решением в рамках конструкции общеизвестных многофункциональных, простых и надежных в эксплуатации машин. Предлагаемая технология смешивания материалов в бетоносмесителе обладает научной новизной и не может быть осуществлена другими известными методами и оборудованием. Конструкция не требует больших материальных затрат, сложного технологического оборудования и может быть произведена как в заводских условиях, так и в небольших мастерских.

Производственные испытания опытных образцов гравитационных бетоносмесителей показывают их надежность и технологичность в эксплуатации. Малогабаритный гравитационный бетоносмеситель рекомендуется к применению при индивидуальном строительстве и в условиях где, применение конструкций традиционных машин невозможно.

Список литературы

1. Баловнев В.И., Иванченко С.Н., Данилов Р.Г., Сидорков В.В. Автобетоносмесители и автобетононасосы: учебное пособие / под общ. ред. проф. В.И. Баловнева. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2021. – 186 с.
2. Минин В.В., Гришко Г.С., Клешнин В.Ю. Методология инновационного проектирования наземных транспортно-технологических комплексов: учеб. пособие / под общ. ред. В.В. Минина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2021. – 108 с.
3. Семенова О.В., Раилко М.Ю., Патрушева Т.Н., Меркушев Ф.Ф., Подорожняк С.А., Юзова В.А., Корец В.А., Корец А.Я., Холькин А.И. Формирование пористых структур на кремнии с сегнетоэлектриком для элементов микроэлектроники и микросистемной техники емкостного типа // Химическая технология. – 2017. – № 10. – С. 443-449.
4. Патент № 147404 РФ. Гравитационный бетоносмеситель / Кузнецов Г.А., Зеленкова Е.Г., Казаков В.С., Зяблов С.Ф. – Заявка 2014127592/03 от 07.07.14; опубл. 10.11.14, Бюл. №22.
5. Кузнецов Г.А., Зяблов С.Ф., Минин В.В. Исследование типоразмеров гравитационных бетоносмесителей по объему барабана // Научное обозрение. – 2014. – № 6. – С. 64-70.
6. Минин В.В., Кузнецов Г.А., Зяблов С.Ф. Исследование малогабаритных бетоносмесителей // Международная научно-практическая конференция (Красноярск, 7-8 апреля 2016г.): сб. науч. тр.: в 2 ч. Ч. 1 / под общ. ред. В. В. Минина. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016. – 542 с.

7. Минин В.В., Кузнецов Г.А., Мальков А.Д. Снижение материалоемкости конструкций бытовых бетонорастворосмесителей гравитационного типа // Строительные и дорожные машины. – 2022. – № 5. – С. 7-14.
8. Высоцкий А.В. Использование отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов в качестве минерального порошка асфальтобетонной смеси // Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии: материалы Международного конгресса. – Белгород: БГТУ, 2003. – 4.1. – С. 243-245.
9. Федюк Р.С., Мочалов А.В., Лесовик В.С. Современные способы активации вяжущего и бетонных смесей // Вестник Инженерной школы ДВФУ. – 2018. – № 4 (37). – С. 85-95.
10. Заднепровский Р.П. Теория трения скольжения. – Волгоград: Изд-во «Офсет», 2005. – 52 с.
11. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 500 с.
12. Волков М.В., Королев Л.В., Таршис М.Ю. Математическая модель процесса смешивания сыпучих материалов в новом устройстве гравитационно-пересыпного действия // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 9-5. – С. 960-964.
13. Карпов В.С. Влияние видов смазки и условий испытаний на трение различных материалов // Актуальные вопросы трибологии: сб. науч. тр. – Т. 1. – Самара: СамГУ, 2007. – С. 210-214.

References

1. Balovnev V.I., Ivanchenko S.N., Danilov R.G., Sidorkov V.V. Concrete mixers and concrete pumps: textbook. – Khabarovsk: Publ. house of the Pacific State University, 2021. – 186 p.
2. Minin V.V., Grishko G.S., Kleshnin V.Yu. Methodology of innovative design of ground transport and technological complexes : textbook manual. – Krasnoyarsk, 2021. – 108 p.
3. Semenova O.V., Railko M.Yu., Patrusheva T.N., Merkushev F.F., Podorozhnyak S.A., Yuzova V.A., Korets A.Ya., Kholkin A.I. Formation of porous structures on silicon with ferroelectric for elements of microelectronics and microsystem technology of capacitive type // Chemical technology. 2017, no. 10, pp. 443-449.
4. Patent No. 147404 RU. Gravity concrete mixer / Kuznetsov G.A., Zelenkova E.G., Kazakov V.S., Zyablov S.F. – Appl. 2014127592/03 from 07.07.14; publ. 10.11.14, Bul. No. 22.
5. Kuznetsov G.A., Zyablov S.F., Minin V.V. Investigation of standard sizes of gravity concrete mixers by drum volume // Scientific Review. 2014, no. 6, pp. 64-70.
6. Minin V.V., Kuznetsov G.A., Zyablov S.F. Research of small-sized concrete mixers // International Scientific and Practical Conference (Krasnoyarsk, April 7-8, 2016): Sat. scientific tr.: at 2 h. 1 / under the general ed. V.V. Minin. – Krasnoyarsk: SFU, 2016. – 542 p.
7. Minin V.V., Kuznetsov G.A., Malkov A.D. Reduction of material consumption of structures of household concrete mixers of gravity type // Construction and road machines. 2022, no. 5, pp. 7-14.
8. Vysotsky A.V. The use of waste from wet magnetic separation of ferruginous quartzites as a mineral powder of asphalt-concrete mixture // Modern technologies in the industry of building materials and construction industry: Materials of the International Congress. – Belgorod: BSTU, 2003. – 4.1. – P. 243-245.
9. Fedjuk R.S., Mochalov A.V., Lesovik V.S. Modern methods of activation of binder and concrete mixtures // Bulletin of the FEFU Engineering School. 2018, no. 4, pp. 85-95.
10. Zadneprovsky R.P. Theory of sliding friction. – Volgograd: Offset Publ. house, 2005. – 52 p.
11. Vazhenov Yu.M. Technology of concrete. – М.: Publ. house ASV, 2003. – 500 p.
12. Volkov M.V., Korolev L.V., Tarshis M.Yu. Mathematical model of the process of mixing bulk materials in a new device of gravity-bulk action // Fundamental research. 2014, no. 9-5, pp. 960-964.
13. Karpov V.S. The influence of types of lubricants and test conditions on the friction of various materials // Topical issues of tribology: collection of scientific works. – Vol. 1. – Samara: Samara State University, 2007. – P. 210-214.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Минин Виталий Васильевич – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Транспортные и технологические машины»	Minin Vitaliy Vasilievich – doctor of technical sciences, associate professor, professor of the department «Transport and technological machines»
Кузнецов Геннадий Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»	Kuznetsov Gennady Arkadievich – candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department "Design and technological support of machine-building industries"
Раилко Михаил Юрьевич – аспирант	Railko Mikhail Yurievich – postgraduate student
Мальков Антон Дмитриевич – магистрант	Malkov Anton Dmitrievich – master student
AMalkov2000@yandex.ru	

Получена 28.11.2022