



4. Гарипов Д.С., Кудюров Л.В. Оценка достоверности результатов исследования динамики колеса, имеющего // Вестн. трансп. Поволжья. 2011. № 2. С. 4–8.
5. ГОСТ 9036-88. Колёса цельнокатаные. Введ 1990-01-01. М. : Изд-во стандартов, 1989. 15 с.
6. Проектирование профиля железнодорожных колёс методом равномерного поиска в пространстве радиусов галтельных переходов / Л.Б. Цвик и др. // Транспорт Урала. 2015. № 3.
7. Нормы расчёта и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). М. : Изд-во ГосНИИВ, ВНИИЖТ, 1996. 214 с.
8. Нагрузка текучести и циклическая трещиностойкость цельнокатаных колёс / Л.М. Школь-
- ник и др. // Вестник ВНИИЖТ. 1985. №4. С. 25–28.
9. Брок Д. Основы механики разрушения. М. : Высшая школа, 1980. 368 с.
10. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. М. : Наука. 1975. 576 с.
11. Владимиров В.С. Уравнения математической физики. М. : Физматлит. 1985. 576 с.
12. Цвик Л.Б., Зеньков Е.В. Формирование испытательных усилий при оценке конструкционной прочности материала в условиях двухосного растяжения // Вестник ПНИПУ. Сер.: Механика. 2015. № 4. С. 110–119.

УДК 666.97.031

Лобанов Дмитрий Викторович,
к. т. н., доцент кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования,
Братский государственный университет,
e-mail: d_lobanov@mail.ru

Ефремов Игорь Михайлович,
к. т. н., профессор, заведующий кафедрой подъемно-транспортных, строительных,
дорожных машин и оборудования, Братский государственный университет,
e-mail: sdm@brstu.ru

1 0 7 5 4 4 1 5 25.07.2019
RETRACTED 25.07.2019

Федоров Вячеслав Сергеевич,
к. т. н., доцент кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования,
Братский государственный университет,
e-mail: fedorov-v-s@yandex.ru

Мамедов Эльвин Мустафа оглы,
аспирант кафедры подъемно-транспортных, строительных, дорожных машин и оборудования,
Братский государственный университет,
e-mail: elvinmamedov1991@bk.ru

РОТОРНО-ВИБРАЦИОННЫЙ СМЕСИТЕЛЬ С ОДНОЧАСТОТНЫМ ВИБРАТОРОМ НЕСФЕРИЧЕСКОГО ТИПА ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ ПОСТОЯННОЙ ШИРИНЫ (ТЕЛО ВРАЩЕНИЯ ТРЕУГОЛЬНИКА РЕЛО)

D. V. Lobanov, I. M. Efremov, V. S. Fedorov, E. M. Mamedov

ROTARY VIBRATING MIXER WITH SINGLE-FREQUENCY VIBRATOR OF NONSPHERICAL ROTATION BODY TYPE OF CONSTANT WIDTH (REULEAUX TRIANGLE ROTATION BODY)

Аннотация. В статье представлено описание принципиально новой конструкции роторно-вибрационного смесителя с одночастотным вибратором несферического типа тела вращения постоянной ширины (тело вращения треугольника Рёло), которая позволяет реализовать возможность создания по всему объему камеры смесителя на смешиваемые компоненты бетонной смеси вибрационного воздействия с разнонаправленными колебаниями, полностью исключая наличие в камере смешивания «глухих» зон, с одновременным однородным амплитудным распределением вибрационного поля в камере смешивания. Вследствие этого обеспечивается повышение производительности, снижение затрат энергии на процесс смешивания, повышение подвижности и турбулизации смеси, обусловленные однородным тиксотропным разрушением структуры материала во всем пространстве камеры смешивания, проявляющимся в уменьшении удельного сопротивления движению лопасти в бетонной смеси по сравнению с удельным сопротивлением движению лопасти неразрушенного материала, и более качественная интенсификация процесса перемешивания компонентов смеси в целом.

Ключевые слова: бетонная смесь, гофрированная оболочка, вибрация, вибрационное поле, вибратор, амплитуда, частота.

Abstract. The article describes a fundamentally new design of rotary vibrating mixer with single-frequency vibrator of non-spherical body type rotation of constant width (Reuleaux triangle rotation body), which allows to fulfil the possibility of creating on the entire volume of the mixing chamber for blending concrete components vibration exposure with multidirectional vibrations completely excluding the presence of «deaf» zones in the mixing chamber, while uniform amplitude distribution of the vibration field in the mixing



chamber. Thereby it provides increased productivity, reduced mixing process energy costs, increased mobility and turbulence in the mixture provided by homogeneous thixotropic destruction of the structure of the material in the whole space of the mixing chamber, which manifests itself in reducing the resistivity of the movement of the blade into the concrete mix as compared to the resistivity of the movement of the blades of undisturbed material, and more qualitative intensification of the process of mixing components of the mixture as a whole.

Keywords: concrete mix, corrugated shell, vibration, vibration field, vibrator, amplitude, frequency.

Введение

В настоящее время одной из ключевых проблем в строительной индустрии является проблема совершенствования оборудования, предназначенного для приготовления строительных смесей. Реалии современного строительного рынка предъявляют жесткие требования к технике, в частности к смесительному оборудованию. Одним из перспективных путей развития смесителей является применение вибрации, обеспечивающей повышение интенсивности рабочего процесса смешивания, в особенности на стадии диффузионного смешивания [1–20]. В то же время имеется ряд проблем, препятствующих внедрению вибрационных смесителей: сложность применения существующих моделей поведения бетонных смесей при наложении вибрации для решения прикладных конструкторских задач, разрушающее воздействие вибрации на конструктивные элементы смесителя, высокие энергетические затраты на осуществление вибрационной обработки бетонной смеси, неэффективные режимы вибрирования [18, 19].

Устройство

Предлагаемый [20] роторно-вибрационный смеситель (рис. 1) с одночастотным вибратором (рис. 2) несферического типа тела вращения постоянной ширины (тело вращения треугольника Рёло) содержит камеру 1 смешивания с окнами загрузки 2 и выгрузки 3 материалов соответственно, ротор 4 с приводом 5 вращения, выполненный с лопастями 6, 7, вибратор 8, выполненный с корпусом 9 и жестко закрепленный в середине камеры смешивания, с приводом возбуждения колебаний от кривошипно-шатунного механизма 10. Корпус 9 вибратора 8 выполнен в виде металлической гофрированной оболочки, представляющей собой гофрированное тонкостенное тело вращения, образующее в сечении вертикальной плоскости по точкам вершин гофр сложную усеченную геометрическую фигуру (треугольник Рёло), образованную центральным пересечением трех окружностей с центрами, составляющими вершины правильного треугольника, и радиусами, равными высоте данного треугольника, и выполненной с возможностью создавать разнонаправленные колебания.

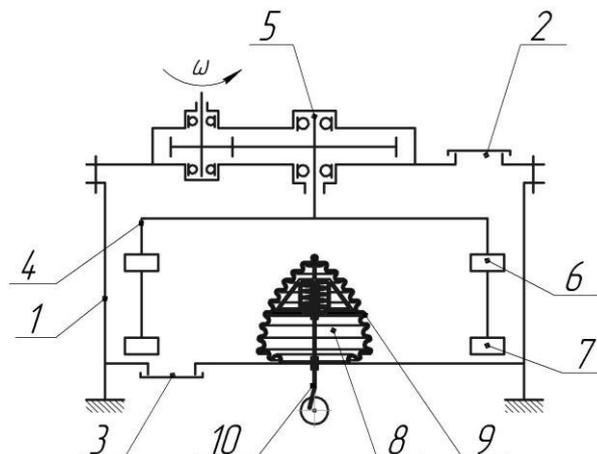


Рис. 1. Схема роторно-вибрационного смесителя с одночастотным вибратором несферического типа тела вращения постоянной ширины (тело вращения треугольника Рёло)

При этом внутри металлической гофрированной оболочки по центру в горизонтальной плоскости жестко закреплен диск 11 с направляющей стойкой 12, функцией которой является создание устойчивого направленного поступательного движения штока 13 от поступательной пары, образованной направляющей стойкой 14 дна камеры 1 смешивания, штоком 13 кривошипно-шатунного механизма 10 и цилиндрическим выступом 15, выполненным с возможностью вставки и закрепления по внутреннему диаметру пружины 16, установленной с функцией свободного сжатия/разжатия в стакане 17, к центру верхней внутренней части которого жестко прикреплен шток 13, а к центру верхней внешней части – толкатель 18, жестко прикрепленный другим концом к внутренней верхней части металлической гофрированной оболочки и выполненный с функцией возбуждения колебаний верхней части корпуса 9 вибратора 8. При этом по внешней цилиндрической части стакана 17 симметрично закреплены четыре выступа 19, функцией которых является передача возвратно-поступательного движения на диск 11, выполненный с возможностью однородного распределения вибрационного поля от верхней к нижней части корпуса 9 посредством создания однородных амплитудных значений перемещений каждой точки внешней образующей металлической гофрированной оболочки, в момент сжатия пружины 16 до упора в резиновые прокладки 20, выполненные с функцией смягчения соударения выступов 19 с диском 11.

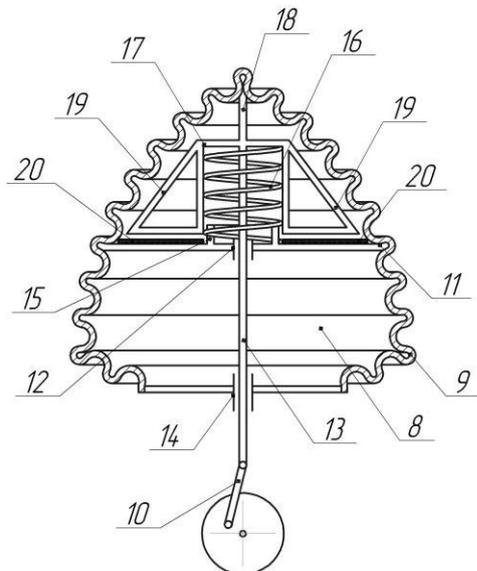


Рис. 2. Схема одночастотного вибратора несферического типа тела вращения постоянной ширины (тело вращения треугольника Рёло)

Принцип действия

Смеситель работает следующим образом: вначале составляющие бетонной смеси, состав которой подбирается предварительно, через окно загрузки 2 послойно загружаются в камеру смешивания 1 в следующей последовательности: на дно смесителя укладывается песок, затем цемент, после чего щебень, в последнюю очередь равномерно на всю загрузку подается необходимое количество воды. Затем включается привод вибратора 8 и привод 5 вращения ротора 4 с лопастями 6, 7. Привод 5 вращает ротор 4 и лопасти 6, 7, тем самым перемешивая приготавливаемую смесь. Толкатель 18 через стакан 17 пружины 16 и шток 13 посредством кривошипно-шатунного механизма 10 совершает возвратно-поступательные движения, тем самым возбуждая колебания верхней части корпуса 9, выполненного в виде металлической гофрированной оболочки, представляющей собой гофрированное тонкостенное тело вращения, образующее в сечении вертикальной плоскости по точкам вершин гофр сложную усеченную геометрическую фигуру, образованную центральным пересечением трех окружностей с центрами, составляющими вершины правильного треугольника, и радиусами, равными высоте данного треугольника. При этом в момент сжатия пружины 16 до упора в резиновые прокладки 20 диска 11 выступы 19 передают возвратно-поступательное движение на диск 11, который тем самым дополнительно возбуждает колебания средней части корпуса 9 и создает однородное распределение амплитудных значений перемещений каждой точки внешней образующей металлической гофрированной оболочки. По истечении заданного време-

ни привод 5 ротора 4 и привод кривошипно-шатунного механизма 10 отключаются и готовая бетонная смесь через окно 3 корпуса 1 смесителя выгружается.

Заключение

В целом устройство обеспечивает реализацию возможности создания по всему объему камеры смесителя на смешиваемые компоненты бетонной смеси вибрационного воздействия с разнонаправленными колебаниями, полностью исключая наличие в камере смешивания «глухих» зон, с одновременным однородным амплитудным распределением вибрационного поля в камере смешивания и качественной интенсификацией процесса перемешивания этих компонентов. Это объясняется тем, что, во-первых, корпус вибратора, выполненный в виде металлической гофрированной оболочки, представляющей собой гофрированное тонкостенное тело вращения, образующее в сечении вертикальной плоскости по точкам вершин гофр сложную усеченную геометрическую фигуру, образованную центральным пересечением трех окружностей с центрами, составляющими вершины правильного треугольника, и радиусами, равными высоте данного треугольника, и выполненной с возможностью создавать разнонаправленные колебания, позволяет, с одной стороны, реализовать возможность создания по всему объему камеры смесителя на смешиваемые компоненты бетонной смеси вибрационного воздействия, полностью исключая наличие в камере смешивания «глухих» зон, а с другой – исключить вибрационное воздействие на привод вибратора, максимально реализовать защиту подшипниковых узлов привода вибратора от попадания в них мелких частиц перемешиваемых материалов, а также реализовать возможность полной передачи «полезного» вибрационного воздействия на обрабатываемый материал. Во-вторых, реализация в конструкции вибратора механизма, включающего в себя толкатель, стакан с выступами, пружину, шток кривошипно-шатунного механизма и диск с резиновыми прокладками, обеспечивает создание однородных амплитудных значений перемещений каждой точки внешней образующей металлической гофрированной оболочки, тем самым позволяя осуществить однородное распределение вибрационного поля в камере смешивания и качественную интенсификацию процесса перемешивания компонентов смеси. И, в-третьих, конструкция смесителя позволяет реализовать повышение производительности, снижение затрат энергии на процесс смешивания, повышение подвижности и турбулизации смеси, обусловленные однородным тиксотропным разрушением структуры материала во всем пространстве камеры смешивания, прояв-



ляющимся в уменьшении удельного сопротивления движению лопасти в бетонной смеси по сравнению с удельным сопротивлением движению лопасти неразрушенного материала. В связи с этим уменьшается сопротивление перемещению лопастей и потребляемая мощность привода вращения ротора. Вместе с тем достигается эффект виброкипения смеси под действием колебательных процессов корпуса вибратора, большая турбулизация и более интенсивная циркуляция частиц смеси, в результате чего сокращается время смешивания, повышается производительность смесителя [20].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефремов И.М., Лобанов Д.В. Новые роторные смесители с различными системами вибровозбуждения // Строительные и дорожные машины. 2008. № 9. С. 7–9.
2. Ефремов И.М., Лобанов Д.В. Вибробетоносмесители: путь длиной в 70 лет // Строительные и дорожные машины. 2009. № 10. С. 15–19.
3. Ефремов И.М., Лобанов Д.В., Фигура К.Н. Современные технологии интенсификации процессов перемешивания бетонных смесей // Строительные и дорожные машины. 2011. №1. С. 37–41.
4. Ефремов И.М., Лобанов Д.В., Фигура К.Н. Механическая активация бетонных смесей при интенсификации процессов перемешивания // Механизация строительства. 2011. № 2. С. 6–8.
5. Вибрационные методы перемешивания бетонных смесей в аспекте патентно-информационного анализа / И.М. Ефремов и др. // Механизация строительства. 2011. № 4. С. 6–10.
6. Ефремов И.М., Лобанов Д.В. Новый экспериментальный роторно-вибрационный смеситель // Строительные и дорожные машины. 2011. № 9. С. 16–19.
7. Патентно-аналитический обзор и расширенная классификация бетоносмесительных машин в аспекте исследования вибрационных технологий перемешивания бетонных смесей / И.М. Ефремов и др. // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 10. С. 38–45.
8. Определение реологических показателей бетонных смесей по их критериальной значимости / И.М. Ефремов и др. // Вестник машиностроения. 2011. № 9. С. 44–49.
9. Теоретические аспекты процесса смесеобразования бетонных смесей / И.М. Ефремов и др. // Механизация строительства. 2011. № 9. С. 16–17.
10. Современное бетоносмесительное оборудование в аспекте исследования способов механической активации бетонных смесей при интенсификации процессов перемешивания / И.М. Ефремов и др. // Системы. Методы. Технологии. 2011. № 11. С. 19–27.
11. Лобанов Д.В., Ефремов И.М. Моделирование процесса виброперемешивания бетонных смесей в смесителе с вибратором сифонного типа // Вестник машиностроения. 2012. № 1. С. 21–25.
12. Лобанов Д.В., Ефремов И.М. Экспериментальные исследования процессов вибрационного перемешивания // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 3. С. 49–52.
13. Ефремов И.М., Лобанов Д.В. Исследование процесса перемешивания в роторно-вибрационном смесителе // Механизация строительства. 2012. № 7. С. 40–43.
14. Фигура К.Н., Ефремов И.М., Лобанов Д.В. Моделирование процесса вибрации сферической оболочки, погруженной в бетонную смесь // Механизация строительства. 2013. № 4. С. 40–44.
15. Малахов К.В., Лобанов Д.В. Вибрационный смеситель гравитационного типа // Строительные и дорожные машины. 2013. № 7. С. 33–36.
16. Малахов К.В., Лобанов Д.В. Исследования процессов перемешивания в вибросмесителе гравитационного типа // Механизация строительства. 2013. № 11. С. 7–10.
17. Малахов К.В., Лобанов Д.В. Экспериментальный анализ процесса виброактивации приготовления бетонных смесей в вибросмесителе гравитационного типа // Системы. Методы. Технологии. 2013. №3. С. 134–138.
18. Лобанов Д.В. Совершенствование конструкции агрегата и процесса вибрационного перемешивания бетонной смеси : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Братск, 2012. 19 с.
19. Фигура К.Н. Обоснование конструктивных параметров и режимов работы смесительных агрегатов с внутренними виброактиваторами : автореф. дис. ... канд. техн. наук. Братск, 2013. 23 с.
20. Лобанов В.Л., Лобанова С.В., Ефремов И.М., Лобанов Д.В. Вибрационный смеситель : пат. 2500527 Рос. Федерация. № 2012120128/03; заявл. 15.05.2012 ; опубл. 10.12.2013, Бюл. № 34. 10 с.