

УДК. 621.8.028

Мудров А.Г. – доктор технических наук, профессор

E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Способ и устройство для приготовления цветного бетона

Аннотация

Предложены способ и устройство для приготовления цветного бетона. Способ основан на применении инерционного воздействия на смесь при сообщении ей пространственного движения с неравномерной угловой скоростью. Реализуется способ устройством, состоящем из двух спаренных пространственных механизмов со скрещенными осями шарниров и двух емкостей, совершающих встречное неравномерное движение, в результате чего под действием сложного движения и дополнительного инерционного воздействия интенсифицируется приготовление цветной бетонной смеси и одновременно уравнивается устройство.

Ключевые слова: кривошип, шатун, пространственный механизм, перемешивание, бетонная цветная смесь.

Введение

В строительной технологии находит применение цветной бетон при изготовлении тротуарной плитки, брусчатки, садовых бордюров, бортового камня и т.п. Придание определенного цвета бетону и изделий из него возможно в двух вариантах: окраска пигментами на стадии приготовления смеси, и внешняя окраска готового изделия красителем. Кратко отметим плюсы и минусы вариантов окрашивания.

При первом варианте происходит сквозное окрашивание пигментными красителями всего массива бетонной конструкции, чем обеспечивается долговечность окраски, сохранение цвета при истирании поверхности изделия, противодействие окружающей внешней среды: солнца, дождя, снега и т.д.

К недостатку этого способа относится большой расход красителя пигмента на стадии производства цветного бетона, но этот недостаток вполне окупается при использовании изделий.

При втором варианте краситель наносится только на поверхность готовых бетонных изделий. Этот способ дешевле первого, но при воздействии истирания, влаги, ультрафиолетовых лучей требует постоянной подкраски изделий.

Таким образом, для получения качественного цветного бетона предпочтительнее первый вариант окраски на стадии приготовления смеси, которому и посвящена данная статья.

Что касается способа приготовления смеси бетона, то в производстве используется способ перемешивания компонентов при постоянной режиме работы рабочей емкости, которая совершает вращение с постоянной угловой скоростью. При таком способе работы известные перемешивающие устройства не обеспечивают требований производства и технологий, так как процесс смешения протекает слабо и длителен во времени, энергоемок, а качество готовой смеси неудовлетворительное. Объясняется это тем, что обрабатываемый (перемешиваемый) материал имеет малую степень подвижности, а в центральной зоне объема емкости движение вообще незначительное (так называемая «мертвая зона»), т.е. некоторая часть материала не участвует в общем движении и не обрабатывается. Кроме всего, в устройствах этого типа имеются ограничения и на производительность, увеличение которой частотой вращения емкости не представляется возможным, поскольку выше критической частоты процесс обработки вообще прекращается.

Таким образом, неоспорима важность изыскания способов смешения материалов при более интенсивном взаимодействии компонентов с различными физико-механическими свойствами и эффективными устройствами для реализации этих способов.

Основная часть

Исходя из производственной потребности, нами предложен способ обработки (смешивание, механохимическая активация, измельчение и т.п.) материалов [1].

Суть способа заключается в том, что емкости, загруженной материалом, а при необходимости мелющими телами, сообщают сложное пространственное движение с неравномерной за оборот угловой скоростью. При этом амплитуду изменения угловой скорости на одном обороте выбирают в пределах $0,1 \dots 0,9$ величины средней скорости, а частоту изменения в пределах $120 \dots 290 \text{ мин}^{-1}$.

Неравномерное пространственное сложное движение емкости способствует возникновению инерционных сил, которые улучшают условия взаимодействия частиц обрабатываемого материала, увеличивая силу воздействия на частицы материала, следовательно, ускоряется время обработки, одновременно повышается качество обработки конечного продукта. Силу дополнительного инерционного воздействия можно регулировать в широких пределах параметрами изменения угловой скорости: амплитудой, степенью неравномерности движения, частотой вращения емкости.

В результате энергонапряженность в обрабатываемой массе материала увеличивается и существенно интенсифицируется процесс обработки. В зависимости от физико-механических свойств материала и целей обработки выбирают режимы в пределах указанных диапазонов.

Предложенный способ с успехом можно применить и к образованию цветного бетона высокого качества на стадии приготовления смеси: практически стопроцентной однородности с глубоким проникновением пигментных красителей по всему объему массы цементной смеси.

Реализовать предложенный способ можно разными техническими средствами, из многообразия которых необходимо выбрать простое, надежное и эффективное устройство.

Из многочисленных плоских и пространственных механизмов будем изыскивать такой механизм, который бы удовлетворял всем требованиям реализации предложенного способа смесеобразования, т.е. рабочая емкость должна иметь сложное пространственное движение с переменной угловой скоростью в пределах одного оборота. Этим условиям отвечают пространственные механизмы, которые могут иметь в составе комбинацию кинематических соединений с цилиндрическими, вращательными, шаровыми и шаровыми с пальцем парами. Однако такие механизмы дороже в изготовлении, имеет ограниченную несущую силовую способность и низкий ресурс работы. Предпочтительнее иметь в составе механизмов только вращательные шарниры, оформляемые стандартными подшипниками качения, имеющими и высокий КПД.

Таким образом, для сообщения емкости устройства сложного пространственного движения будем изыскивать пространственный механизм только с вращательными шарнирами.

Для этой цели подходит механизм с тремя подвижными звеньями (два кривошипа и шатун) и стойкой.

Кинематическая схема механизма показана на рис. 1, модель механизма – на рис. 2.

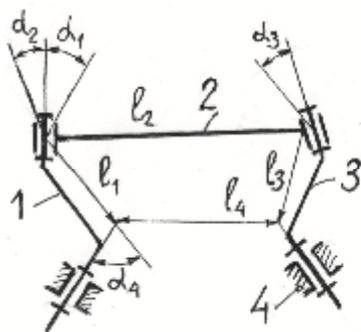


Рис. 1. Схема механизма

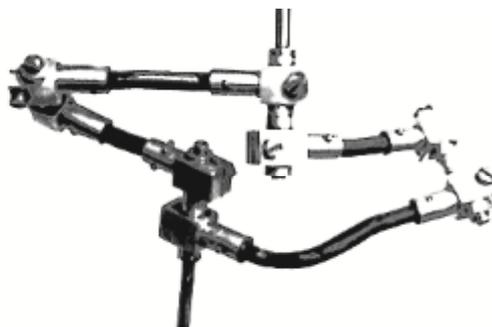


Рис. 2. Модель механизма

Механизм состоит из ведущего кривошипа 1 со скрещенными геометрическими осями шарниров под углом α_1 , и отстоящими на кратчайшем расстоянии l_1 , шатуна 2, у которого оси шарниров скрещены под углом α_2 и расположены на длине l_2 .

Ведомый кривошип 3 имеет такие же параметры, как и ведущий кривошип 1, т.е. $a_3 = a_1$ и $l_3 = l_1$. Оси вращения валов кривошипов 1 и 3 расположены шарнирно в стойке 4 под углом скрещивания α_4 и отстоят друг от друга на кратчайшем расстоянии l_4 , при этом параметры стойки и шатуна 2 одинаковы, т.е. $l_4 = l_2$ и $a_4 = a_2$.

Параметры звеньев связаны между собой соотношением:

$$l_{1(3)} / l_{2(4)} = \sin \alpha_{1(3)} / \sin \alpha_{2(4)}. \quad (1)$$

В целях упрощения технологии изготовления звеньев целесообразно принимать угол скрещивания геометрических осей шарниров шатуна и стойки, равным 90° , и кратчайшее расстояние между осями шарниров в пределах 150...250 мм.

При этом связь между параметрами звеньев определится выражением:

$$l_{1(3)} = l_{2(4)} \sin \alpha_{1(3)}. \quad (2)$$

При вращении ведущего кривошипа 1 с постоянной угловой скоростью, из-за структурных особенностей, ведомый кривошип 3 будет вращаться с переменной угловой скоростью, определяемой формулой:

$$w_3 = \frac{\cos \alpha_1}{1 - \sin \alpha_1 \cos \varphi} w_1, \quad (3)$$

где α_1 – угол скрещивания геометрических осей шарниров кривошипов;

w_1 – угловая скорость ведущего кривошипа;

φ – угол поворота ведущего кривошипа 1.

Характеризуется переменное движение ведомого кривошипа в пределах одного оборота коэффициентом неравномерности вращения, определяемое выражением:

$$d = \pm \frac{2 \sin \alpha_1 \sin \alpha_2}{\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2} = \pm 2 \operatorname{tg} \alpha_1. \quad (4)$$

Как видно из выражения (4), коэффициент неравномерности зависит от значения угла α_1 скрещивания осей шарниров кривошипов.

Так как валы кривошипов 1 и 3 вращаются в перпендикулярно расположенных плоскостях, шатун 2, соединяющий шарнирно оба кривошипа, будет иметь сложное пространственное движение. При этом сторона шатуна, связанная с ведущим кривошипом имеет постоянную угловую скорость, а другая сторона, связанная с ведомым кривошипом, переменную угловую скорость в пределах одного оборота.

На базе этого механизма с тремя подвижными звеньями шатун будет выполнять функцию носителя рабочей емкости, которая будет крепиться к шатуну или сама емкость будет одновременно шатуном, к пальцам (цапфам) которой шарнирно будут соединяться кривошипы.

Однако при работе устройства неравномерное вращение ведомого кривошипа кроме положительного влияния на процесс обработки материала будет создавать неуравновешенный момент на станине устройства, создавая вибрации и колебания станины, что вредно и для обслуживающего персонала.

Для устранения колебаний от неравномерного вращения ведомого кривошипа и для увеличения производительности процесса обработки нами сконструировано устройство, в котором спарены два вышеописанных устройств с особыми конструктивными параметрами. Новизна устройства подтверждена авторским свидетельством на изобретение № 780871 [2]. Кинематическая схема устройства представлена на рис. 3.

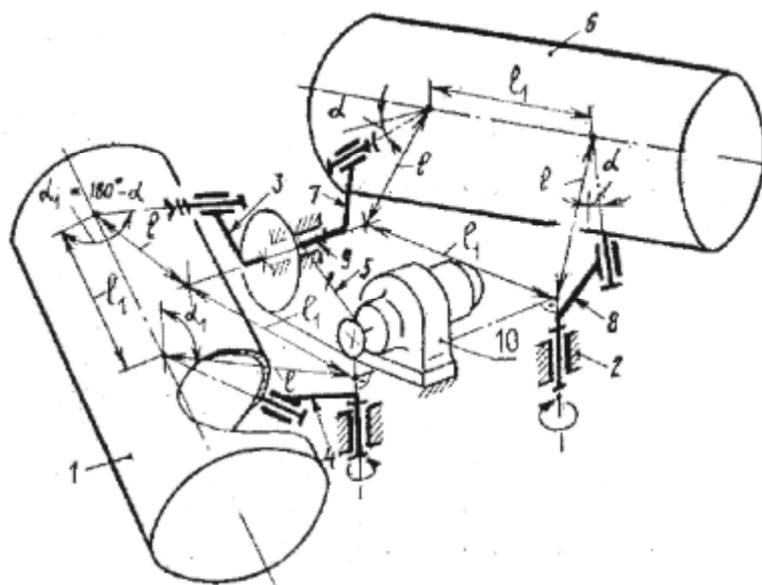


Рис. 3. Кинематическая схема устройства

Устройство содержит левую рабочую емкость 1, станину 2, в стаканах которой размещены валы вращения ведущего кривошипа 3 и ведомого 4. Вторая рабочая емкость (правая) 6 шарнирно соединена с ведущим кривошипом 7 и ведомым кривошипом 8. Вал ведущего кривошипа 3 левой емкости 1 и вал ведущего кривошипа 7 правой емкости 6 закреплены на общем ведущем валу 9. Привод устройства осуществляется от источника привода 10 (мотор-редуктор или электродвигатель с редуктором) через клиноременную передачу 5, один из шкивов которой закреплен на валу источника привода 10, а другой на общем валу 9.

Геометрическая ось общего вала 9 и геометрические оси валов ведомого кривошипа 4 и кривошипа 8 расположены под прямым углом и на кратчайшем расстоянии l_1 , так же расположены геометрические оси пальцев (цапф) емкостей 1 и 6, т.е. на расстоянии l_1 и под прямым углом.

Параметры кривошипов 3 и 4 левой стороны и кривошипы 7 и 8 правой стороны имеют одинаковые кратчайшие расстояний l между геометрическими осями шарниров, угол скрещивания геометрических осей шарниров кривошипов 7 и 8 равен α , а таковой угол между геометрическими осями шарниров кривошипов 3 и 4 равен $(180^\circ - \alpha)$.

Параметры звеньев связаны между собой выражением $l = l_1 \sin \alpha$ (здесь l_1 – кратчайшее расстояние между пальцами (цапфами) емкостей 1 и 6 или расстояние между осями вращения валов ведущих и ведомых кривошипов).

При работе устройства вращение от источника привода 10 через клиноременную передачу 5 передается общему ведущему валу 9 с ведущими кривошипами 3 и 7, которые передают движение рабочим емкостям 1, 6 и ведомым кривошипам 4, 8. Благодаря структурным особенностям устройства рабочие емкости 1 и 6 имеют сложное пространственное движение, так как ведущие 3, 7 и ведомые 4, 8 кривошипы вращаются в перпендикулярных плоскостях, при этом одна из сторон емкостей вращается с постоянной угловой скоростью, а другая – с переменной, и вращение ведомых кривошипов происходит во встречном направлении.

Сложное пространственное неравномерное движение емкостей придает частицам материала турбулентное движение с дополнительным силовым инерционным воздействием, что и интенсифицирует процесс обработки смеси. Кроме этого, за счет структурного исполнения устройства, его ведомые кривошипы 4 и 8, с соединенными с ними частями емкостей 1 и 6, имеют встречное движение. В результате этого они создают одинаковые по величине, но противоположные по знаку инерционные моменты, которые уравновешивают друг друга и на станину не действуют.

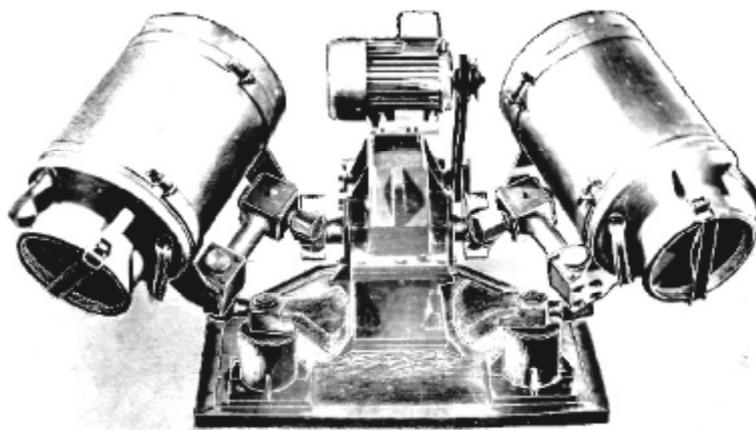


Рис. 4. Производственное устройство

На рис. 4 показано производственное устройство, которое упрощено в сравнении с кинематической схемой по рисунку 3 тем, что электродвигатель установлен на крышке редуктора, общий вал 9 со стойкой отсутствует, а ведущие кривошипы закреплены непосредственно на выходных валах редуктора.

Устройство включает: электродвигатель, клиноременную передачу, типовой редуктор с двумя выходными валами, на которых закреплены ведущие кривошипы, два шатуна, на которых закреплены две рабочие емкости (молочные бидоны), два ведомых кривошипа и станина с двумя стаканами.

Параметры устройства: $\alpha=22^{\circ}$, $\alpha_1=158^{\circ}$, $l=74,92$ мм, $l_1=200$ мм, вместимость емкостей 46 л (два молочных бидона), коэффициент неравномерности вращения ведомых кривошипов – 0,8, частота вращения ведущих кривошипов – 280 мин^{-1} .

Смешение бетонной смеси для изготовления отделочных плиток разного цветового оттенка проводилось в одном из кооперативов. Требуемое качество не получалось в смесителях с постоянной угловой скоростью. В данной конструкции устройства при частоте вращения кривошипов 280 мин^{-1} , коэффициенте заполнения 0,65 объема, смесь достигала требуемого качества за 2...3 мин работы. Эффективность работы устройства по всем показателям удовлетворила потребителя, и кооператив закупил два экземпляра, которые успешно использовались для изготовления отделочных плиток высокого качества.

Кроме приготовления цветного бетона устройство было успешно использовано: при смешении травяной муки с комбикормом, смешении поваренной соли с комбикормом, смешении жирорастворимых витаминов с комбикормом, протравливании зерна ядохимикатом, шлифовании семян сахарной свеклы, очистке и мойке корнеклубней (картофеля, свеклы, моркови и т.д.).

Подробные сведения о пространственных механизмах можно получить в литературе [3...7].

Выводы

1. Предложен высокоэффективный способ обработки материалов, заключающийся в том, что емкости, загруженной материалом, сообщают сложное пространственное движение с неравномерной за оборот угловой скоростью. При этом амплитуду изменения угловой скорости на одном обороте выбирают в пределах 0,1...0,9 величины средней скорости, а частоту изменения в пределах $120...290 \text{ мин}^{-1}$.

2. Предложено для реализации способа высокоэффективное многофункциональное устройство на базе двух объединенных определенным образом пространственных четырехзвенных механизмов с вращательными шарнирами, две емкости которых совершают сложное пространственное встречное неравномерное движение.

Следует отметить, что механизмы этой группы изучались отечественными и зарубежными учеными только теоретически. За 110 лет после открытия механизма (1903 г.) не было сведений об изготовлении не только производственного устройства, но и модели.

3. Многофункциональное устройство при производственной проверке показало высокие технико-экономические показатели на многих технологических процессах:

перемешивание бетонной смеси, перемешивание различных кормовых продуктов, протравливание семян, мойка корнеклубней, шлифование семян сахарной свеклы, откатка шкурок пушных зверей и т.п.

4. Хочется надеяться, что пространственные механизмы только с вращательными шарнирами войдут в арсенал создателей новой техники, будут внедряться в производство и будут раскрыты другие, новые и полезные функциональные свойства механизмов.

Список библиографических ссылок

1. Авт. св. СССР № 1292832. Способ механической обработки материалов / П.Г. Мудров, А.П. Гетманский, А.Г. Мудров и Ф.Д. Молчанов / МПК В 02 С 19/00, В 28 С 5/18. Заявлено 04.02.1985, опубл. 28.02.1987, Б.И. № 8. Заявители: Казанский сельскохозяйственный институт и Физико-технический институт АН УССР.
2. Авт. св. СССР № 780871. Смеситель / П.Г. Мудров, А.Г. Мудров. МПК В 01 F 9/02, заявка № 2586072/29-33; заявлено 03.03.1978, опубл. 23.11.1980, Бюл. № 43.
3. Мудров А.Г. Механизм Беннетта и использование его в технике: Изд-во КГСХА. – Казань, 1999. – 80 с.
4. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой: РИЦ «Школа», Казань, 2003. – 300 с.
5. Мудров А.Г. Пространственные механизмы с особой структурой (Исследование): РИЦ «Школа». – Казань, 2004. – 180 с.
6. Мудров А.Г. Практическое использование механизма Беннетта в технике / The Eighth IFToMM International Symposium on Theory of Machines and Mechanisms. SYROM 2001. Bucharest-ROMANIA, 2001, Vol. 11. – P. 221-228.
7. Мудров П.Г. Пространственные механизмы с вращательными парами: Изд-во Казанского университета. – Казань, 1976. – 264 с.

Mudrov A.G. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: Alexmudrov42@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

A method and apparatus for making colored concrete

Resume

The article proposed method and device for the preparation of colored concrete.

The method is that the container loaded with material reported complex spatial motion with an irregular per revolution angular velocity. The amplitude of change of the angular velocity in a single revolution, selected in the range of 0,1...0,9 the value of the average speed and the frequency of the change within 120...290 min⁻¹.

The method is implemented by a device consisting of two coupled four-bar spatial mechanisms with crossed axes of hinges and two tanks, mounted on crank mechanisms. Sides of the housing, connected with the leading cranks have a constant angular velocity, and other parties associated with the slave cranks, a variable angular velocity, with capacity have opposite spin. As a result, they create the same in magnitude, but opposite in sign to the inertia moments, which balance each other on the bed and do not apply.

Under the action of complex, uneven spatial movement and an additional inertial effect intensify preparation of a colored concrete mix is balanced and at the same time the device. A method and apparatus are protected by copyright certificates on the invention.

Production test preparation colored concrete one hundred percent showed the uniform distribution of pigments of the dye throughout the volume of the mixture.

Multi-function device in addition to mixing the concrete mix showed high technical and economic indicators in other processes: mixing of different feed products, seed treatment, washing of root and tuber, grinding the seeds of sugar-beet haulage, skins of fur animals, etc.

Keywords: cranks, connecting rod, spatial mechanism, mixing, concrete color mix.

Reference list

1. Ed. SV. The USSR № 1292832. The method of mechanical processing of materials / P.G. Mudrov, A.P. Getmanskii, A.G. Mudrov and F.D. Molchanov / IPC 02 With 19/00, 28 With 5/18. Stated 04.02.1985, publ. 28.02.1987, B.I. № 8. Applicants: Kazan agricultural Institute and the Physico-technical Institute, Ukrainian Academy of Sciences.
2. Ed. St. USSR № 780871. Mixer / P.G. Mudrov, A.G. Mudrov, IPC F 01 B 9/02 application № 2586072/29-33. 03.03.1978, publ. 23.11.1980, bull. № 43.
3. Mudrov A.G. Bennett Mechanism and its use in engineering: publishing house KGSKHA. – Kazan, 1999. – 80 p.
4. Mudrov A.G. Spatial mechanisms with a special structure: RIC «SHKOLA». – Kazan, 2003. – 300 p.
5. Mudrov A.G. Spatial mechanisms with a special structure (Study): RIC «SHKOLA». – Kazan, 2004. – 180 p.
6. Mudrov A.G. The practical use of the mechanism of Bennett in the technique / The Eighth IFToMM International Symposium on Theory of Machines and Mechanisms. SYROM, 2001. – Bucharest: ROMANIA, 2001, Vol. 11. – P. 221-228.
7. Mudrov P.G. Spatial mechanisms with rotational pairs: Publishing house of Kazan University. – Kazan, 1976. – 264 p.