

Визначено, що за прийнятих умов вспінювання найбільш якісною рівномірною структурою характеризуються зразки з K_2SO_4 та K_2CO_3 , виготовлені на базі композиційних сумішей, час помелу яких складав 2 години. Щільність таких матеріалів знаходиться в межах 149 – 236 кг/м³.

Список літератури: 1. *Сосунов Е.* О преимуществах пеностекла в сравнении с другими теплоизоляционными материалами / *Е. Сосунов* // Стекло мира. – 2005. – №3. – С. 90 – 96. 2. *Ильев Ю.Л.* Пеностекло / *Ю.Л. Ильев, Р.В. Петухова, Н.И. Генеральчик* // Стекло мира. – 2004. – № 6. – С. 83 – 86. 3. *Шутов А.И.* Использование мела и других карбонатных компонентов при производстве звуко- и теплоизоляционных материалов/ *А.И. Шутов, В.И. Мосьпан, П.А. Воля* // Проблемы производства и использования мела в промышленности и сельском хозяйстве: межд. научн.-практ. конф., 2001 г.: сборн. докл. – Белгород, 2001. – С. 113 – 118. 4. *Лотов В.А.* Кинетика процесса вспенивания пеностекла / *В.А. Лотов, Е.В. Кривенкова* // Химия и химическая технология на рубеже тысячелетий: всерос. научн. конф., 26 – 28 ноябр. 2002 г.: тезисы докл. – Томск, 2002. – Т. 1. – С. 99 – 101. 5. *Россомагина А.С.* Химико-технологические основы производства пеностекла из стеклобоя / *А.С. Россомагина, И.С. Пузанов, А.А. Кетова.* – М.: Компания «Спутник+», 2003. – 63 с. 6. *Демидович Б.К.* Пеностекло / *Б.К. Демидович.* – Минск: «Наука и техника», 1975. – 247 с.

Надійшла до редколегії 25.07.11

УДК 666.983

И.А. ЕМЕЛЬЯНОВА, док. техн. наук, проф., ХДТУСА, Харьков,
В.В. БЛАЖКО, канд. техн. наук, доц. ХДТУСА, Харьков,
А.И. АНИЩЕНКО, аспирант, ХДТУСА, Харьков,
О.В. ДОБРОХОДОВА, аспирант, ХДТУСА, Харьков

ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ В СМЕСИТЕЛЯХ, РАБОТАЮЩИХ В КАСКАДНОМ РЕЖИМЕ

В статті представлеені нові конструкції бетонозмішувачів примусової дії. Наведено теоретичні залежності, що поєднують процес приготування будівельної суміші з використанням каскадного руху часток у корпусі машини.

В статье представлены новые конструкции смесителей принудительного действия. Представлены теоретические зависимости объединяющие процесс приготовления строительной смеси при создании каскадного режима движения частиц в корпусе смесителя.

The paper presents new designs of compulsory mixer. The theoretical dependence of unifying the process of making the building blend to create a cascade mode in the case of partial dvicheniya new mixers.

Основным недостатком смесителей принудительного действия является их низкая усреднительная способность, как на макро, так и на микроуровне, что объясняется незначительным процентом разрушения мелких агломератов из частиц растворной составляющей и отсутствием идентичных условий перемешивания по высоте сечения рабочей зоны.

С целью равномерного распределения компонентов в общем объеме замеса отдельным частицам бетонной смеси необходимо сообщить такие траектории движения, которые обеспечивали бы наибольшую возможность их пересечения.

Для повышения эффективности работы бетоносмесителей с горизонтальными лопастными валами необходимы принципиально новые подходы к созданию этих машин.

На основе многолетних теоретических и экспериментальных исследований, разработаны новые конструкции смесителей принудительного действия (рис. 1 – 3).

Конструктивная особенность новых машин свидетельствует о сложности перемещения частиц строительной смеси в рабочем пространстве машины.

С одной стороны, для машины характерны особенности гравитационных смесителей, а с другой стороны – смесителя принудительного действия.

Сочетание работы двух смесителей в одной машине позволяет получить новый комбинированный способ перемешивания компонентов смеси.

При этом, наблюдается пересечение траекторий движения частиц, которые перемещаются в свободном падении и сбрасываются лопатками горизонтального вала.

Сочетание двух движений способствует созданию каскадного режима процесса перемешивания.

Движение частиц бетонной смеси в каскадном режиме может быть представлено системой уравнений, выраженной через цилиндрическую систему координат (r, θ, z) , которая дает возможность учесть угловую скорость вращения рабочего.

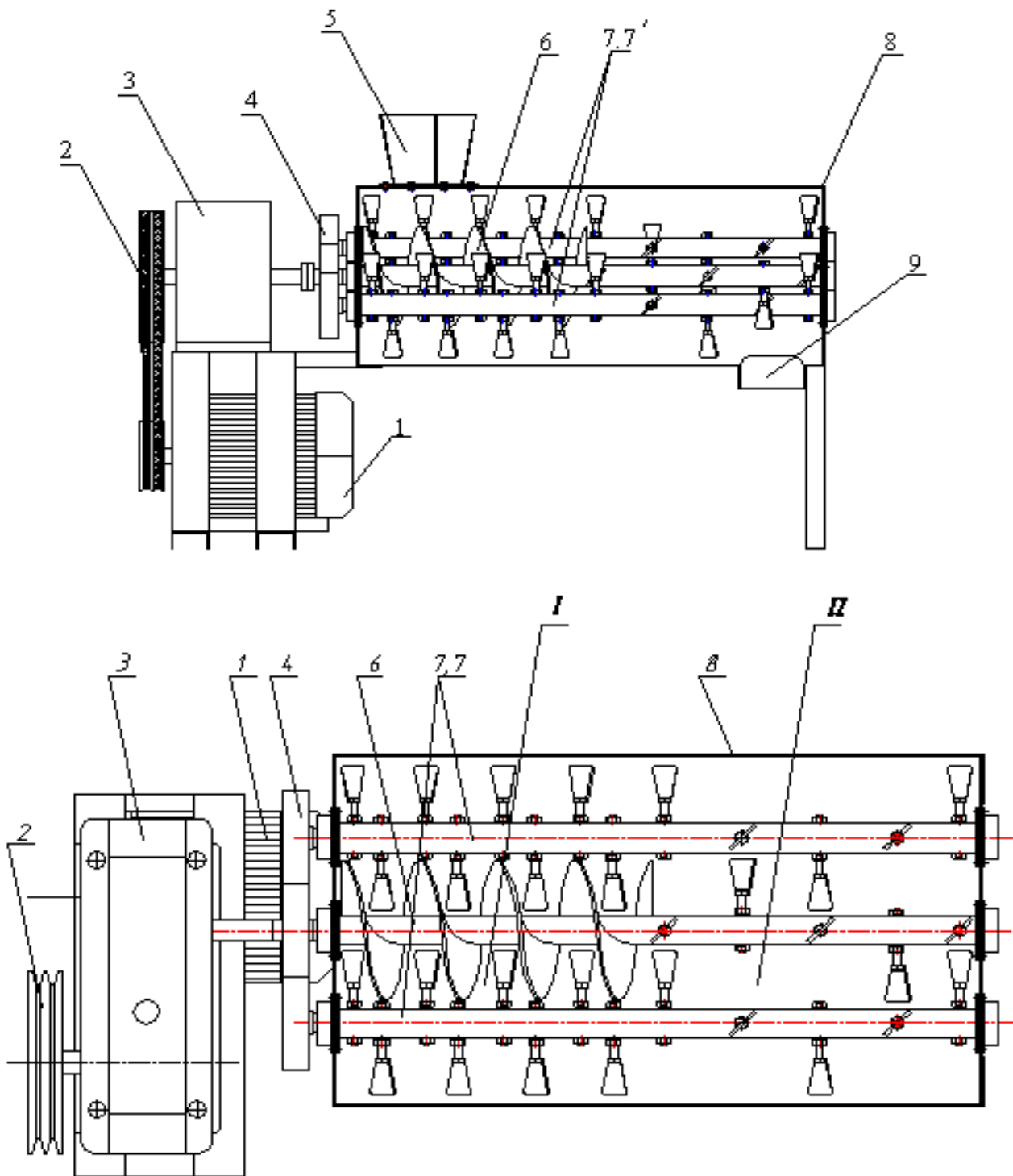


Рис. 1. Конструктивная схема трехвального бетоносмесителя:

- 1 – двигатель; 2 – клиноременная передача; 3 – редуктор; 4 – открытая зубчатая передача;
 5 – загрузочный бункер; 6 – шнековый вал; 7, 7' – верхний и нижний лопастные валы;
 8 – корпус бетоносмесителя; 9 – разгрузочный патрубок;
 I – зона перемешивания сухих компонентов бетонной смеси;
 II – зона приготовления бетонной смеси с заданным водоцементным отношением.

В таком случае система уравнений движения примет вид:

$$\begin{cases}
 \rho \cdot \left(\frac{dV_r}{dt} + V_r \cdot \frac{dV_r}{dr} + \frac{V_\theta}{r} \cdot \frac{dV_r}{d\theta} - \frac{V_\theta^2}{r} + V_z \cdot \frac{dV_z}{dz} \right) = -\frac{dp}{dr} - \\
 - \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dr} \cdot (r \cdot \tau_{rr}) + \frac{1}{r} \cdot \frac{d\tau_{r\theta}}{d\theta} - \frac{\tau_{\theta\theta}}{r} + \frac{d\tau_{rz}}{dz} \right) + \rho \cdot g_r + \rho \cdot (r \cdot \omega_i^2 + 2 \cdot \omega_i \cdot V_\theta); \\
 \rho \cdot \left(\frac{dV_\theta}{dt} + V_r \cdot \frac{dV_\theta}{dr} + V_\theta \cdot \frac{dV_\theta}{rd\theta} + \frac{V_r \cdot V_\theta}{r} + V_z \cdot \frac{dV_\theta}{dz} \right) = -\frac{1}{r} \cdot \frac{dp}{d\theta} - \\
 - \left(\frac{1}{r^2} \cdot \frac{d}{dr} \cdot (r^2 \cdot \tau_{r\theta}) + \frac{1}{r} \cdot \frac{d\tau_{\theta\theta}}{d\theta} + \frac{d\tau_{r\theta}}{dz} \right) + \rho \cdot g_\theta + (-2 \cdot \rho \cdot \omega_i \cdot V_\theta); \\
 \rho \cdot \left(\frac{dV_z}{dt} + V_r \cdot \frac{dV_z}{dr} + \frac{V_\theta}{r} \cdot \frac{dV_z}{d\theta} + V_z \cdot \frac{dV_z}{dz} \right) = -\frac{dp}{dz} - \left(\frac{1}{r} \cdot \frac{d}{dr} \cdot (r \cdot \tau_{rz}) + \frac{1}{r} \cdot \frac{d\tau_{\theta z}}{d\theta} + \frac{d\tau_{zz}}{dz} \right) + \rho \cdot g_z
 \end{cases} \quad (1)$$

где: $\vec{g} = \vec{g}(r, \theta, z)$ – вектор ускорения свободного падения; $\tau_{ij} = \tau_{ij}(r, \theta, z)$ – тензор напряжений в смеси.

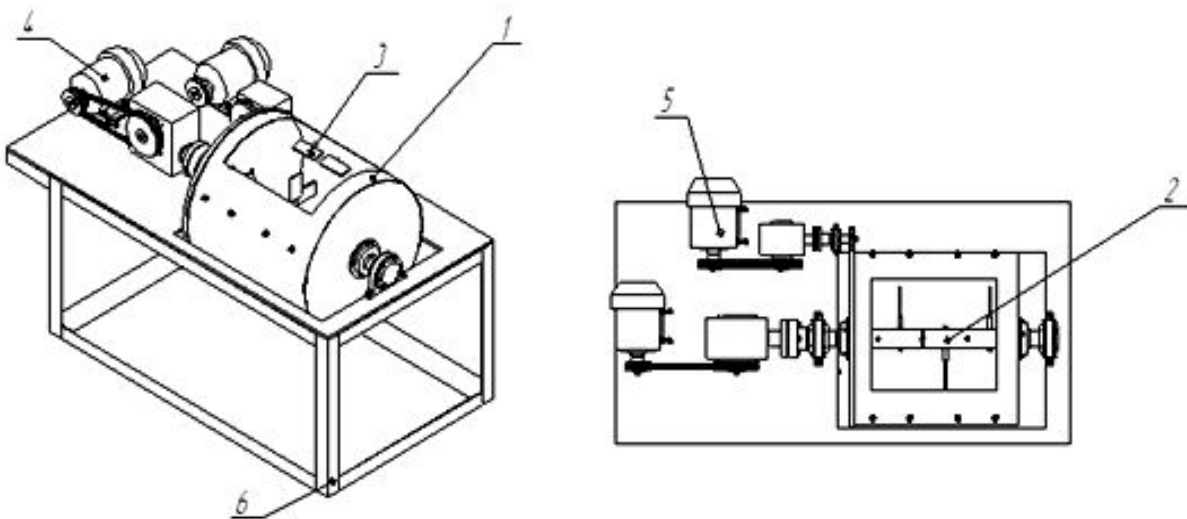


Рис. 2. Схема бетоносмесителя гравитационного – принудительно действия:

- 1 – барабан; 2 – лопастной вал; 3 – лопасти барабана;
4 – привод лопастного вала; 5 – привод барабана; 6 – рама

Для определения угла схода частицы смеси уравнения (1) могут быть обезразмерены путем введения новых переменных:

$$r' = \frac{r}{R_{cp_i}}; \quad z' = \frac{z}{R_{cp_i}}; \quad V_r' = \frac{V_r}{R_{cp_i}}; \quad V_\theta' = \frac{V_\theta}{V_i}; \quad V_z' = \frac{V_z}{V_i}; \quad \frac{P}{\rho} = \frac{1}{2} \cdot \omega_i^2 \cdot R_{cp} \cdot h_i;$$

$$F_{r_u} = \frac{V_i^2}{\omega_i^2 \cdot R_{cp}^2}$$

R_{cp_i} – средний радиус потока вблизи i – того вала; F_{r_i} – центробежный критерий Фруда; V_i – средняя скорость потока смеси вдоль образующей i -того вала; h_i – толщина потока возле i -того вала.

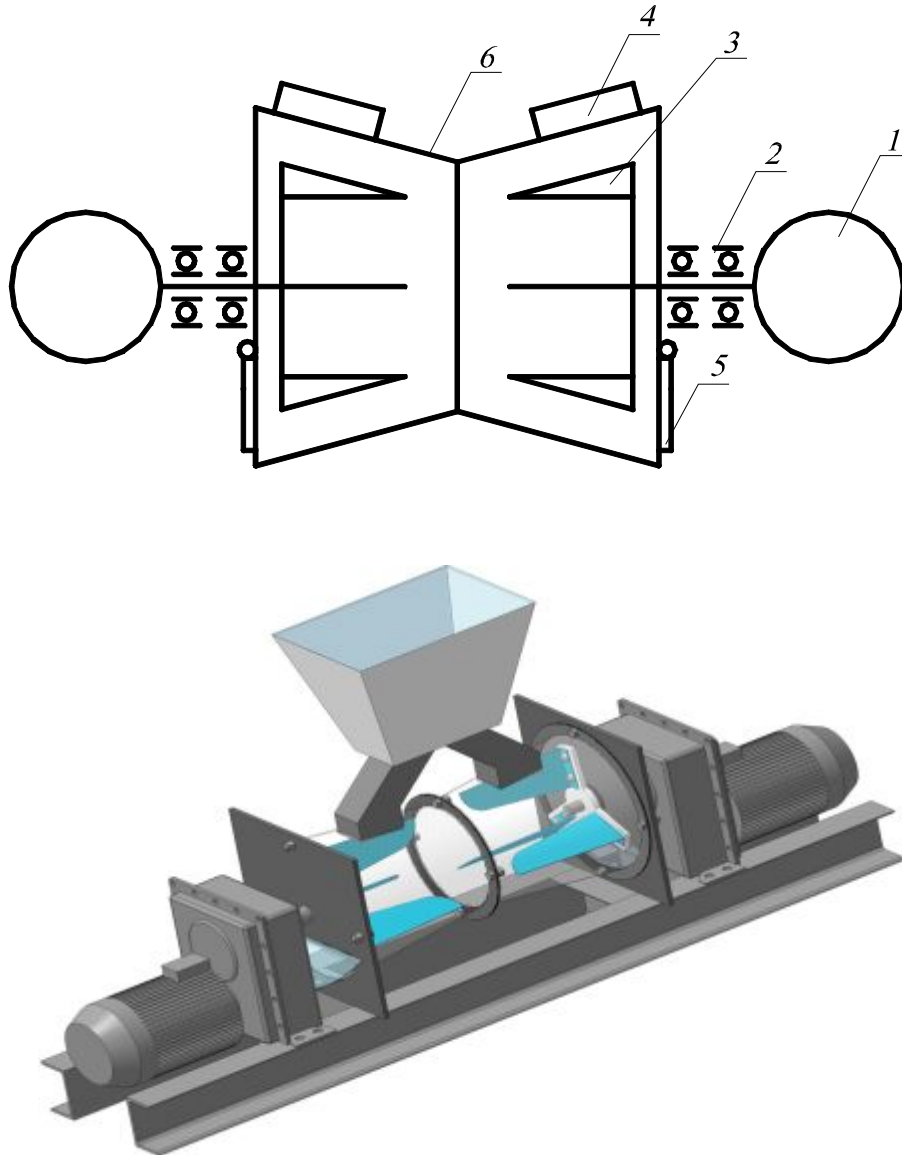


Рис. 3. Кинематическая схема противоточно-турбулентного смесителя
 1 – мотор-редуктор; 2 – подшипниковые опоры; 3 – ротор;
 4 – загрузочный патрубок; 5 – заслонка разгрузочного отверстия; 6 – корпус

Обезразмеривание уравнения (1) позволяет ввести понятие основной системы координат, которую в свою очередь можно связать с одной из торцевых стенок корпуса бетоносмесителя, в которую упираются торцы вала.

Связь между двумя системами координат может быть представлена ниже приведенными уравнениями:

$$\begin{aligned}
r^2 &= R_{y_i}^2 + r_i^2 - 2R_{y_i} \cdot r_i \cdot \cos \cdot (90^0 + \theta_i + 90^0 - \theta_{y_i}) = \\
&= R_{y_i}^2 + r_i^2 - 2R_{y_i} \cdot r_i \cdot \cos \cdot (180^0 + \theta_i - \theta_{y_i}) = \\
&= R_{y_i}^2 + r_i^2 - 2R_{y_i} \cdot r_i \cdot \cos \cdot (\theta_i - \theta_{y_i})
\end{aligned} \tag{2}$$

Решение уравнения (2) дает возможность определить угол начала движения частицы в каскадном движении:

$$\theta_{y_i} = \operatorname{arctg} \left(\frac{x_{y_i}}{y_{y_i}} \right) \tag{3}$$

Расстояние от начала основной системы координат до локальной (цилиндрической системы) определяется:

$$r = \left\{ R_{y_i}^2 + r_i^2 + 2R_{y_i} \cdot r_i \cdot \cos(\theta_i - \theta_{y_i}) \right\}^{\frac{1}{2}} \tag{4}$$

$$r \cdot \cos \theta = R_{y_i} \cdot \cos \theta_{y_i} + r_i \cdot \cos \theta_i \tag{5}$$

Тогда значение угла θ определяется:

$$\theta = \arccos \left\{ \frac{R_{y_i} \cdot \cos \theta_{y_i} + r_i \cdot \cos \theta_i}{r} \right\} \tag{6}$$

Интенсивность процесса перемешивания компонентов в смесителях новой конструкции определяется с учетом качественных свойств материала, подаваемого в смеситель.

Среднее содержание усредняемого компонента в смесителе за период t :

$$X_{cp} = \frac{1}{t} \int_0^t X(t) dt \tag{7}$$

Качественные свойства смеси в пределах интервала времени Δt (время одного оборота рабочего органа), изменяются довольно плавно. В смежных сечениях общего объема смеси, которая находится в смесителе и периодически выбирается в виде отдельных порций каждой лопаткой рабочего органа.

Коэффициент уменьшения дисперсии показателей качества на выходе

для экспоненциальной корреляционной функции определяется по формуле:

$$\frac{D'_x}{D_x} = \frac{K_x(0)}{n_n} + \frac{2e^{-\alpha h}}{n_n^2(1-e^{-\alpha h})^2} \cdot [n_n(1-e^{-\alpha h}) - (1-e^{-n_n \alpha h})] \quad (8)$$

где: D_x – начальная дисперсия; n_n – количество порций смеси, захватываемых лопатками смесителя из объема смеси, находящейся в корпусе смесителя; α – коэффициент погашения корреляционной функции; h – временной сдвиг фазы отдельных слоев: $h = \frac{V}{n_n}$.

При заданной выходной дисперсии D'_x и известной D_x дисперсии на входе вместимость смесителя определяется по формуле:

$$V = \frac{2D'_x}{\alpha D_x} \quad (9)$$

Если смеситель заполняется из m потоков компонентов смеси, существенно отличающихся по качественным свойствам, каждый отдельный поток i характеризуется самостоятельной корреляционной функцией и образует n_i порций, то

$$n = \sum_{i=1}^m n_i \quad (10)$$

Если на входе корреляционная функция имела вид экспоненты, то на выходе она будет иметь следующий вид:

При $\tau > t$

$$K'_x(\tau) = \frac{D_x}{t^2 \alpha^2} \left(e^{-|\tau-t|\alpha} + e^{-|t+\tau|\alpha} - 2e^{-|\tau|\alpha} \right) \quad (11)$$

при $\tau < t$

$$K'_x(\tau) = \frac{D_x}{t^2 \alpha^2} \left(2(t-|\tau|)\alpha + e^{-|t-\tau|\alpha} + e^{-|t+\tau|\alpha} - 2e^{-|\tau|\alpha} \right) \quad (12)$$

где: t_0 – интервал времени между подаваемыми порциями бетонной смеси, который обеспечивает равномерность условий перемешивания по всей длине смесителя.

Снижение дисперсии неоднородности во многом зависит от количества циркуляций (возвратов порций) компонентов бетонной смеси в процессе их перемешивания и транспортирования.

Лопастей рабочего органа N_l формируя порции компонентов n_n смеси, транспортируют их в сторону угла атаки лопасти.

Определив значения корреляционной функции на выходе по формуле (7) и задаваясь начальной и конечной дисперсией однородности смеси D_x, D'_x , а также коэффициентом погашения корреляционной функции α и вместимостью смесителя V формула (9), необходимое число порций n_n усреднения в смесителе которое будет достаточным для получения однородной смеси, определяется по формуле (8).

При определении числа порций смеси, система уравнений примет следующий вид:

$$y_1 = \frac{D_x^1}{D_x} \quad (13)$$

$$y_2 = \frac{K_q}{n_n} + \frac{2 \cdot e^{-\frac{aV}{n_n}}}{\left(1 - e^{-\frac{aV}{n_n}}\right)^2 \cdot n_n} \cdot \left[n_n \cdot \left(1 - e^{-\frac{aV}{n_n}}\right) - \left(1 - e^{-n_n \cdot \frac{aV}{n_n}}\right) \right] \quad (14)$$

Представленная модель дает возможность с достаточно большой точностью определить количество пакетов смеси, перемещаемых лопатками валов в корпусе смесителя, которое достаточно для достижения высокой однородности бетонной смеси малой подвижности. Величина циркуляций потоков бетонной смеси, которая имеет место при каскадном режиме работы смесителя, определяется отношением количества перемещаемых пакетов смеси n_n к общему количеству лопаток верхнего и нижнего валов Z_l .

$$N_{цир} = \frac{n_n}{Z_l} \quad (15)$$

Список литературы: 1. Пат. 74444 Украины, МПК В28С5/14. Змішувач для приготування будівельної суміші / *Емельянова И.А., Баранов А.Н., Блажко В.В., Тугай В.В.*; заявник та патентовласник ХДТУСА. – опубл. 15.12.05, Бюл. 12. 2. *Емельянова И.А.* Особенности рабочего процесса принудительно-гравитационного бетоносмесителя / *И.А. Емельянова, В.В. Блажко, А.И. Анищенко* // Научный вестник строительства. – 2009. – Вып. 54. – С. 317 – 325.

Поступила в редколлегию 25.07.11

УДК 666.9

А.А. ПЛУГИН, докт. техн. наук, проф., УГАЖТ, Харьков,
М.Г. САЛИЯ, аспирант, ХГТУСА, Харьков,
Т.А. КОСТЮК, канд. техн. наук, доц., ХГТУСА, Харьков

ИЗОТРОПНОЕ МИКРОАРМИРОВАНИЕ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПРОДУКТАМИ ГИДРАТАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Досліджено вплив комплексної органомінеральної добавки, що включає тонкодисперсний кальцит і скловолокно, на властивості цементного каменю гідроізоляційних сухих сумішей.

Исследовано влияние комплексной органоминеральной добавки, включающей тонкодисперсный кальцит и стекловолокно, на свойства цементного камня гидроизоляционных сухих смесей.

The influence of complex organomineral supplements, including fine-grained calcite and glass on the properties of cement waterproofing dry mixes.

В настоящее время для гидроизоляции широко применяются сухие смеси на основе портландцемента. Несмотря на применение водоредуцирующих добавок, их недостатком является склонность к усадке при твердении, приводящей к образованию микротрещин и снижению водонепроницаемости. Одним из традиционных путей снижения усадки таких составов является введение глиноземистого клинкера, гипса или других компонентов, обеспечивающих расширение цементного камня [1, 2]. Однако этим процессом трудно управлять, а цементный камень впоследствии может подвергнуться деструкции вследствие перекристаллизации гидросульфатов и т.п.

Цель работы – теоретическое и экспериментальное обоснование повы-