

Мушенков // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2009. – №3 – С. 141-142.

3. Плискановский С.Т., *Неполадки в работе доменных печей. Предупреждение и устранение* / С.Т. Плискановский, В.В. Полтавец. Днепропетровск: Пороги, 2002. – 301 с.

4. Разработка высокоплотной леточной массы.// *Информация для руководящего состава*. -1997. № 39-40. С. 8-9.

5. Степнов М.Н. *Статистическая обработка результатов механических испытаний* / М.Н. Степнов. М.: «Машиностроение», 1972. – 232 с.

6. Иванов В.С. *Основы математической статистики* / В.С. Иванов. М.: «Физкультура и спорт», 1990. – 176 с.

УДК 666.983

В. А. ПЕНЧУК, докт. техн. наук, В. Б. ЛУКЪЯНЕЦ, магистр
Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

ГРАВИТАЦИОННЫЕ БЕТНОСМЕСИТЕЛИ МОЖНО ЭФФЕКТИВНО МОДЕРНИЗИРОВАТЬ

Актуальность работы. В настоящее время гравитационные бетоносмесители объемом барабана от 110 до 300 литров находят самое широкое применение на многих стройках. Их очевидное достоинство простота конструкции и мобильность. Если современные предприятия, выпускающие бетонные изделия, чаще всего применяют смесители принудительного действия, тона небольших стройках применение гравитационных смесителей экономически оправдано.

Анализ публикаций. По теории работы гравитационных бетоносмесителей написаны десятки работ, в которых достаточно обосновано приводятся данные о достоинствах и недостатках смесителей данного типа [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Системный анализ указанных работ позволил четко установить несомненные достоинства гравитационных смесителей:

- простота конструкции и высокая надежность;
- низкая удельная металлоемкость и энергоемкость;
- быстрая и полная разгрузка смесителей.

Цель работы – обосновать одно из простых и эффективных направлений интенсификации процессов перемешивания бетонных смесей в гравитационных смесителях.

Основная часть. На рынок Украины поставляют свою продукцию многие отечественные фирмы такие как ПАО «Бетонмаш» (г. Славянск), ЗАО "Бучачский завод "Астрон", М.П. «Будпостачсервіс», ООО «Винницкий экспериментально-механический завод», ЗАО «Лисмаш» (г. Лисичанск), ООО «Гарант-Агро» (Днепропетровская обл.), ОДО «Мукачевский завод «Газприбор» и другие.

По принципу действия гравитационные смесители указанных фирм не отличаются друг от друга. На стенках вращающейся части закрепляются лопасти, которые захватывают и поднимают некоторый объем смеси для ее падения и соударения с основной массой.

В традиционных циклических гравитационных смесителях создается осевые и радиальные потоки смешиваемых компонентов стенками барабана и лопастями закрепленными на них.

Правильное конструктивное оформление барабана и его лопастного аппарата позволяет обеспечить требуемое качество бетонной смеси за минимальное время.

Совокупный процесс смесеобразования гравитационным смесителем можно теоретически анализировать по степени смешивания e и сепарации s . Указанные термины бетонной смеси порой вызывают непонимание, поэтому более понятлива характеристика как однородность смеси. Однако для бетонных смесей практически количественно невозможно оценить как однородность, так и степень смешивания.

Поэтому при сравнении технологических процессов в бетоносмесителях качество бетонной смеси может быть сопоставлена по прочности, плотности или водопоглощению. Для этого разработаны соответствующие нормативные документы [7, 8, 9].

Таким образом процесс перемешивания компонентов бетонной смеси можно представить через прочность образцов – кубиков σ или коэффициент вариации их прочности σ_v , как

$$\frac{d\sigma_v}{dt} = -K(t)(\sigma_v - \sigma_{v\min}), \quad (1)$$

где σ_v - коэффициент вариации прочности образцов-кубиков; σ_v - показатель, соответствующий наилучшему качеству смеси, которая достигается при определенной продолжительности перемешивания; $K(t)$ - коэффициент, который зависит от

конструктивных особенностей бетоносмесителя, технологии загрузки составляющих и времени перемешивания.

Интегрируя соответствие (1) можно получить:

$$\ln(\sigma_v - \sigma_{v\min}) = -\int K(t) + C, \quad (2)$$

Если взять сделать бетонную смесь из только загруженных ее компонентов (без перемешивания), то прочность смеси будет минимальна, а коэффициент вариации прочности образцов-кубиков максимальный. Таким образом, при $t = 0$

$$\sigma_v = \sigma_{v\min}, c = \ln(\sigma_{v\max} - \sigma_{v\min}). \quad (3)$$

С учетом зависимостей (3) можно записать

$$\ln \frac{\sigma_v - \sigma_{v\min}}{\sigma_{v\max} - \sigma_{v\min}} = -\int K(t) dt; \quad (4)$$

Откуда

$$\sigma_v = \sigma_{v\min} + (\sigma_{v\max} - \sigma_{v\min}) \exp\left[-\int K(t) dt\right]. \quad (5)$$

Зависимость (5) наглядно показывает, что коэффициент вариации прочности образцов-кубиков, а следовательно и качества процессов перемешивания составляющих бетонной смеси, их однородность изменяется по экспоненциальному закону.

Указанное утверждение подтверждено и другими исследователями [10, 11]. Особенно наглядно представлено это утверждение графической интенсификацией рис. 1.

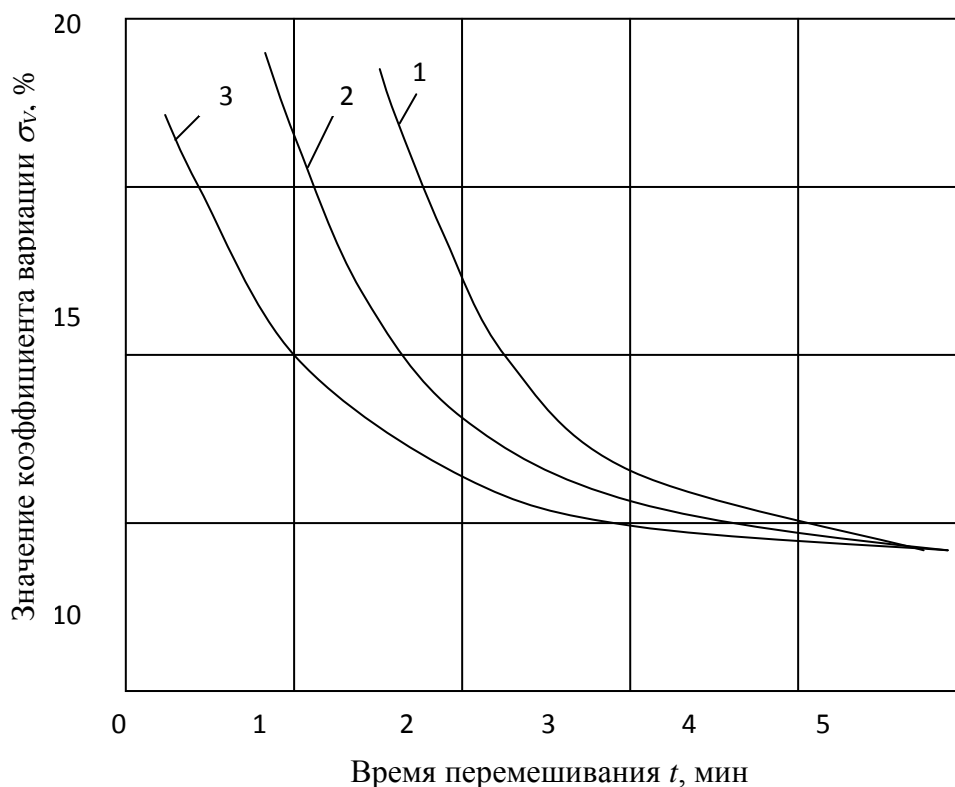


Рис. 1. Влияние конструктивных параметров гравитационного смесителя и времени перемешивания на коэффициент вариации прочности кубиков – образцов бетона: 1 - $\hat{O} = 0,65$; 2 - $\hat{O} = 0,85$; 3 - $\hat{O} = 1,1$.

Данные рис. 1 говорят о том, что практически через время перемешивания равное $t = 3$ мин на качество смеси не влияют конструктивные параметры традиционной конструкции гравитационного бетоносмесителя.

В представленных зависимостях для оценки влияния конструкции барабана был использован показатель коэффициента формы, равный

$$\hat{O} = D_{\bar{n}\delta} / L, \quad (6)$$

$$\text{где } D_{cp} = \sum_i^n \frac{D_{i+1} + D_i}{2} l_i,$$

где D_i - i -диаметр коническо-цилиндрического барабана; l_i - длина соответствующей части барабана; L - общая длина барабана.

Главным параметром определяющим однородность смеси, а затем прочность бетонных изделий является время перемешивания.

Специалисты по гравитационным смесителям считают, что для получения качественной смеси необходимо лопатки поднять и сбросить ее некоторый объем 30...40 раз.

Исходя из сказанного выше требуемое время перемешивания можно представить как

$$t_{\bar{n}\delta} = \frac{n_a \cdot n_{\bar{e}}}{30 \dots 40} \rightarrow \min \quad (7)$$

где n_a - частота вращения барабана; $n_{\bar{e}}$ - количество лопастей закрепленных на внутренней поверхности барабана.

Минимизация времени перемешивания (7) за счет увеличения частоты вращения невозможна из-за возрастания центробежных сил, которые будут прижимать ее к стенке барабана и уменьшать эффективность перемешивания. Поэтому частоту вращения рекомендуется принимать не более

$$n_a = \sqrt{400 / D_{\bar{n}\delta}}. \quad (8)$$

Количество лопаток закрепленных на барабане, их конструкция определяют осевые и радиальные потоки движения смеси.

В циклических гравитационных смесителях угол установки оси вращения принимается $\alpha < 15^\circ$.

Увеличение угла α до угла естественного откоса перемешивания практически прекращается. При таком угле наклона перемешивание через подъем и падение частиц смеси возможна при 2-4 лопатках.

Наиболее эффективный путь интенсификации состоит не в увеличении количества лопаток, а в применении новых оригинальных технических решений. Одним из таких решений – это дооборудование традиционных гравитационных смесителей. На рис. 2 представлена схема интенсификации процесса перемешивания составляющих бетонной смеси и реальная картина (фото) гравитационного смесителя. Суть интенсификации заключается в разделении объема смеси падающей с лопаток по крайней мере на 2 отдельных и таким образом увеличить содержание частиц сразу в два раза.

Данные экспериментальных исследований традиционного смесителя СБ-101 и модернизированного представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Результаты испытаний образцов бетона

Обозначение образцов	Свойства			
	Подвижность ОК, см	Плотность, ρ кг/м ³	Водопоглощение, Вм, %	Прочность при сжатии, $R_{сж}$, МПа
ТрБ (2 мин.)	14	2286	10,1	21,6
ТрБ (3 мин.)	16	2298	9,8	22,0
МБ (2 мин.)	16	2300	9,6	23,4
МБ (3 мин.)	17	2318	9,3	23,9
МБ (4 мин.)	18	2324	9,0	24,3

Примечание: ТрБ – бетоносмеситель традиционной конструкции
МБ – модернизированный смеситель



Рис. 2. Фото модернизированного гравитационного бетоносмесителя.

Как показали натурные испытания качество смеси повышается на 25...30%.

Выводы. 1. Гравитационные смесители применяются и будут применяться на малообъемных и рассредоточенных объектах из-за своей простоты, надежности в работе и мобильности.

2. Эффективным направлением повышения качества смеси – это дооборудование гравитационных смесителей тросовыми интенсификаторами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение. – М.: Высш. шк., 2002. – 701 с.
2. Емельянова И.А., Доброходова О.В., Анищенко А.И. Современные строительные смеси и оборудование для их приготовления. – Х.: Тимченко, 2010. – 146 с.
3. Рутьнов А.А., Беркут А.И., Захаров Я.В. Управление организацией производства строительных смесей. Строительные материалы, технологии и оборудование XXI века №11, 2002 – С. 44-45.
4. Богомоллов А.А. Теоретические и технические основы совершенствования смесительных машин для приготовления строительных смесей: монография / А.А. Богомоллов. – Из-во БГТУ, 2010. – 151 с.
5. Бетономешалка или бетоносмеситель. Площадка: Будінфо АТЗТ [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.trotuar.ru>.
6. Пенчук В.А. Основы механизации малообъемных и рассредоточенных строительных и коммунальных работ. – Донецк: изд-во «Ноулидж», 2010. – 257 с.
7. Исследование и разработка машин для бетонных работ. Науч. тр. ВНИИстройдормаш, 1981, вып. 90. С. 79.
8. Назаренко І.І., Клименко О.М. Дослідження суміші в гравітаційному бетонозмішувачі. Будівництво України №8, 2008. – С.37-41.
9. Пенчук В.А., Лукьянец В.Б. Совершенствование гравитационных смесителей на базе основных положений синергетики. Современные проблемы строительства / Ежегодный научно-технический сборник. – Донецк: ДП «Донецкий Промстройиниипроект», 2010. – С. 238-242.
10. Пенчук В.О., Лук'янець В.Б. Гравітаційний змішувач, що містить змішувальний барабан // Патент на корисну модель № 59769, опубл. 25.05.2011 р, Бюл. № 10, 2011 р.
11. Пенчук В.О., Лук'янець В.Б. Гравітаційний змішувач безперервної дії // Патент на корисну модель № 61066, опубл. 11.07.2011 р, Бюл. № 13, 2011 р.