

Сулейманова Л. А., канд. техн. наук, проф.,  
Малюкова М. В., аспирант

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА МЕЛКОШТУЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ ЗА СЧЕТ РАВНОМЕРНОГО ЗАПОЛНЕНИЯ ФОРМЫ ЖЕСТКОЙ СМЕСЬЮ\*

ludmilasuleimanova@yandex.ru

*Установлены факторы, влияющие на равномерность заполнения формы жесткой бетонной смесью при изготовлении методом полусухого вибропрессования мелкоштучных изделий и предложены мероприятия по повышению их качества.*

**Ключевые слова:** мелкоштучные изделия, метод полусухого вибропрессования, заполнение формы.

Современный строительный рынок диктует жесткие условия к качеству продукции. Для того чтобы надежно закрепиться в секторе рынка для дорожно-строительных работ необходимо предложить покупателю изделия качественные, архитектурно-выразительные и имеющие доступную цену. В последние годы широкое распространение получили мелкоштучные изделия (плитка тротуарная, камень бортовой, стеновые камни), изготовленные методом полусухого вибропрессования. В настоящее время промышленное изготовление происходит на полностью автоматизированных производственных линиях. Однако, для того, чтобы готовая продукция на выходе полностью удовлетворяла всем предъявляемым к ней требованиям и характеристикам по прочности, плотности, морозостойкости и архитектурной выразительности, необходимо оптимизировать процесс производства на каждом этапе [1...5].

В стационарной установке – вибропрессе для изготовления бетонных камней объединены следующие производственные этапы: заполнение формы свежеприготовленной бетонной смесью; уплотнение свежееположенной бетонной смеси; распалубка отформованных и уплотненных бетонных изделий.

Несмотря на то, что бетоноформовочные машины широко распространены в современном производстве, по мнению экспертов, эти производственные процессы до сих пор остаются недостаточно изученными. В центре внимания опубликованных на сегодняшний день трудов, пытающихся подвести научную базу под процессы формообразования и уплотнения, находятся исключительно размышления о процессе уплотнения и варианты его описания. Промышленная практика показывает, что при квалифицированном управлении производственным процессом современные бетоноформовочные машины (вибропрессы) вполне способны очень хорошо прессовать жесткий

бетон в течение нескольких секунд. Сложной же оказывается задача обеспечения гомогенного заполнения формы жесткой бетонной смесью. Отсюда следуют колебания по высоте готовых изделий, плотности и прочности, а так же во внешнем виде [6].

Рассмотрим промышленное производство бетонных мелкоштучных изделий методом полусухого вибропрессования на стационарной, высокопроизводительной, полностью автоматизированной бетоноформовочной машине фирмы HESS "Multimat RH-1500" (рис. 1).



Рис. 1. Бетоноформовочная машина фирмы HESS "Multimat RH-1500"

Начнем с установки формы. На основании исследований, проведенных на разных формооснастках, можно с уверенностью сказать, что они оказывают существенное влияние на качество процесса изготовления. Влияние формооснастки проявляется в равномерном заполнении ячеек формы, в качестве уплотнения, а так же в качестве поверхности изделий. При этом нижняя часть формы (матрица) значительно влияет на качество продукции влияет за счет большой контактной поверхности с бетонным изделием и представляет собой важный фактор. Вибрации, возбуждаемые в бетонной смеси через нижнюю часть формы, оказывают влияние на качество ее заполнения, а также на уплотнение смеси и, тем самым, существенно влияют на

технические характеристики выпускаемой продукции.

Многочисленными измерениями на промышленном вибропрессе было подтверждено, что данное вибрационное оборудование должно монтироваться с высокой точностью. При этом важными параметрами являются:

- плоскостность вибрационного стола;
- размер и равномерность зазора вибрационной рейки;
- состояние опоры вибрационного стола;
- регулирование силы фиксации нижней части формы;
- дебалансная сила вибраторов;
- частота вибромоторов [7].

Также неуклонно растущий спрос на изделия разной геометрической формы приводит к возникновению технологических задач, связанных с заполнением форм. А желание производителя выпускать больше разных по геометрической форме единиц изделий за один производственный цикл придает вопросу заполнения форм дополнительную важность.

Опыт работы с различными мелкоштучными изделиями, отличающимися конфигурацией, высотой и степенью возникающих проблем с гомогенным заполнением ячеек формы при производстве, заставляет уделять этому вопросу такое же внимание, как и правильному подбору состава бетонных смесей.

Будем исходить из того, что состав бетонной смеси подобран корректно. Но, как показывает практика, в начале производственного процесса возникают проблемы с влажностью бетона. Это может объясняться разной влажностью песка (особенно, если инертные материалы хранятся на открытом складе), ошибкой измерений, связанной с некорректной работой гигрометра или вообще с его отсутствием. Поэтому исследования следует начинать только после определения оптимальной влажности бетонной смеси и непрерывной работы технологического оборудования в течение 1 ч (время, необходимое для достижения рабочей температуры и вязкости масел).

Для начала исследований была выбрана форма прямоугольника  $9,8 \times 19,8 \times 6,0$  см, которая широко распространена практически у всех производителей тротуарной плитки. Поскольку этот формат имеет простую геометрию и относительно малую массу, с ним легко работать при проведении испытаний.

Этот вид изделия состоит из двух слоев: основного и облицовочного. Толщина облицовочного слоя составляет не менее 10 % от высоты изделия. Однако, даже эта, довольно простая геометрическая форма с несложной конфигурацией внутри условной единицы, вызывает проблемы с заполнением. Разница в массе изделий на поддоне достигает до 8 %, а толщина облицовки не везде одинаковая и не соответствует требованиям.

Схематичные изображения изделий в разрезе из центральной и угловой ячеек формы представлены на рис. 2, 3.

Матрица распределения бетонной смеси при заполнении формы представлена на рис. 4.

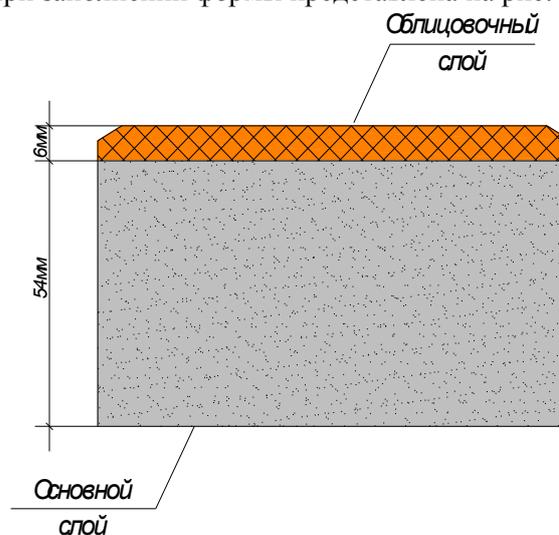


Рис. 2. Изделие из центральной ячейки формы

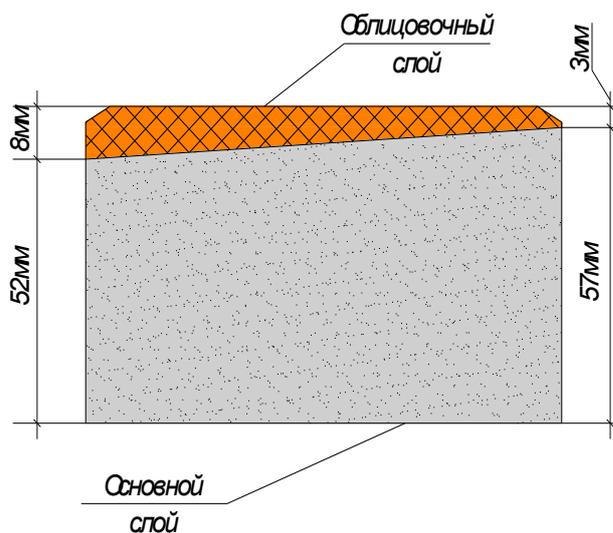


Рис. 3. Изделие из угловой ячейки формы

Для равномерного заполнения важно, чтобы энергия вибрации равномерно распределялась по всей нижней поверхности формы, а с другой стороны, важно, чтобы оба слоя равномерно заполняли всю площадь формы, то есть, как по ширине, так и по высоте.

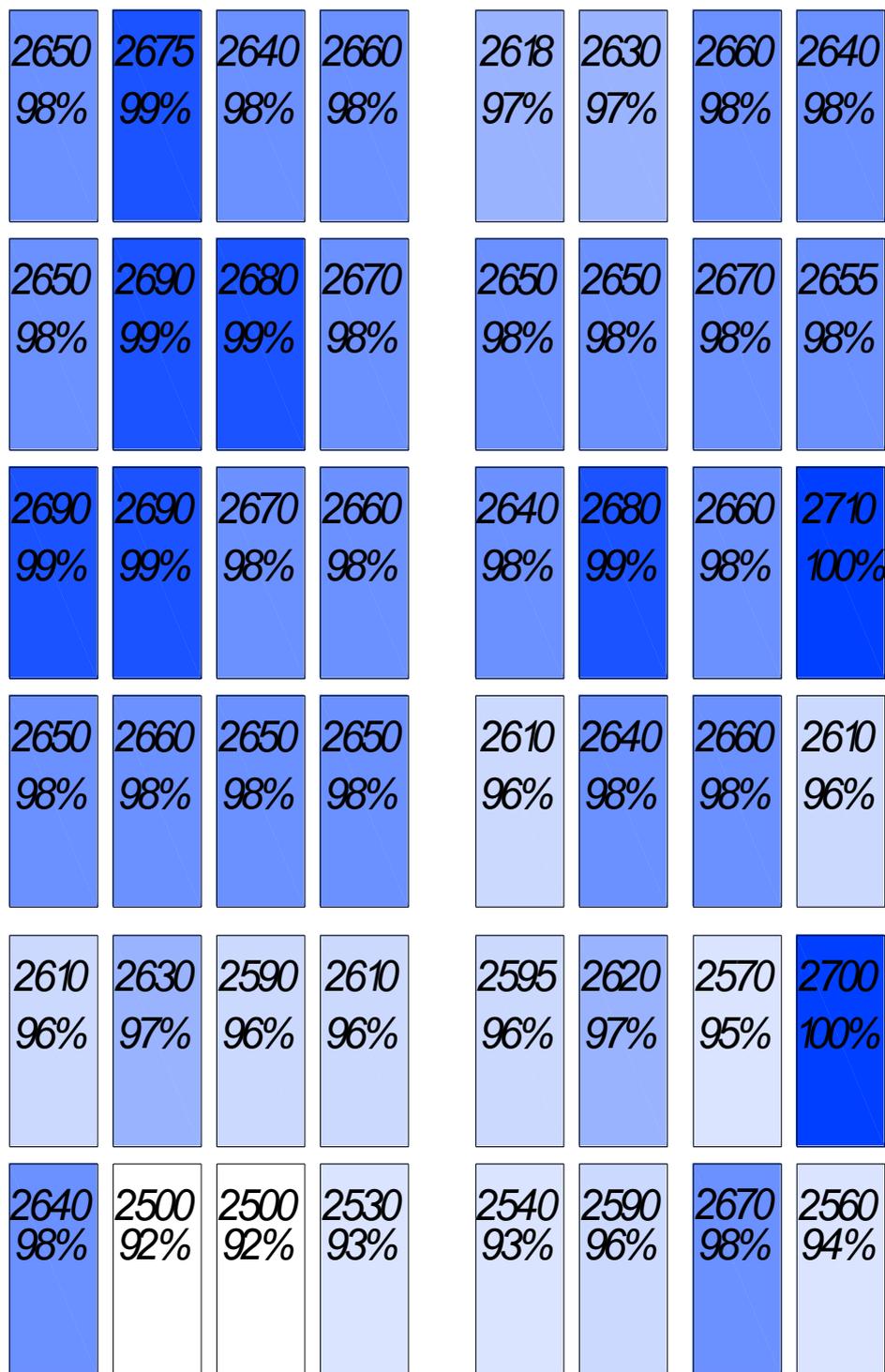


Рис. 4. Матрица распределения бетонной смеси при заполнении формы (с указанием средней плотности бетона, кг/м<sup>3</sup>, и процента заполнения ячеек)

Установлено, что, несмотря на разные технологические подходы к решению проблемы, внешние ряды ячеек формы в целом заполняются хуже и существует разница в заполнении основного и облицовочного бетона. С этого момента начинается работа с настройками. Внимание уделяется высоте заполнения ячейки бетонной смесью. Чтобы

обеспечить требуемую высоту необходимо уделять особое внимание движению колосниковой решетки внутри трансферкары. Если влажность бетонной смеси подобрана неправильно, то смесь начинает налипать на решетку и это сразу же отрицательно сказывается на гомогенном заполнении ячеек формы.

Следует так же исходить из того, что происходящее во время заполнения формы предварительное вибрирование в значительной степени влияет на результат заполнения. Поэтому большой интерес вызывает отслеживание и отработка параметров "Продолжительность промежуточной вибрации" и "Скорость движения трансферкары".

Установлено, что при правильно подобранных настройках можно добиться равномерного заполнения всех ячеек формы с обеспечением одинаковой высоты изделий и толщины облицовочного слоя. Продолжительность производственного цикла при формовании изделий на вибропрессе

составляет около 13 с. Отклонения по массе составили не более 3 %. Но не стоит забывать, что настройки программы могут не один раз меняться за рабочую смену даже при производстве одного и того же вида изделия. Это связано, в первую очередь, с нестабильностью гранулометрического состава крупного заполнителя. Если с прямоугольной формой ячеек все, более или менее, понятно, то с другой конфигурацией, когда в одну форму входят разные по форме и геометрическим размерам ячейки для изделий (рис. 5), уже возникает больше проблем, в частности, затрачивается гораздо больше времени на подбор оптимальных настроек.

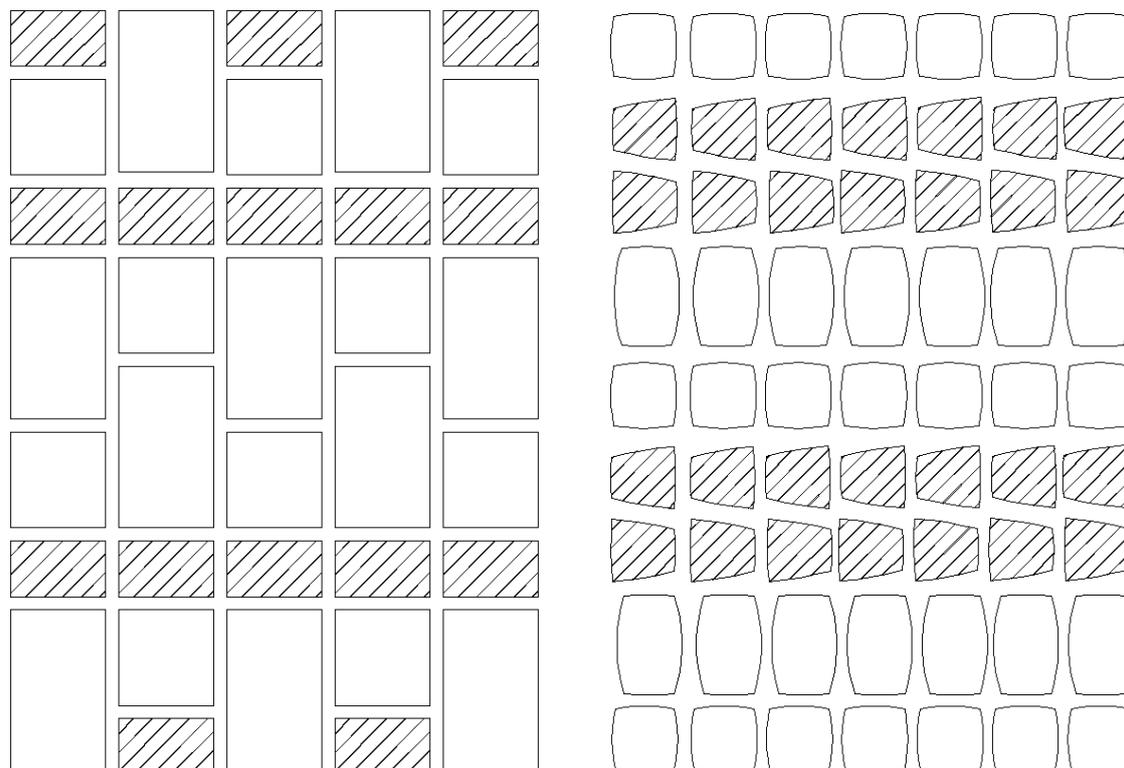


Рис. 5. Формы с разными геометрическими размерами и конфигурацией ячеек:  
 □ – однородное заполнение; ▨ – неоднородное заполнение

Больше всего трудностей с гомогенным заполнением формы при производстве мелкоштучных изделий, вызывают стеновые камни (высота 188 мм) и камни бортовые (высота 300 мм). Это связано, прежде всего, с большими размерами, и как следствие, не все ребра формы освобождаются от остатков бетонной смеси в том случае, если смесь выпадает за пределы формы. Здесь уже приходится работать с параметром "Конец основной вибрации". При производстве брусчатки бетонной конец основной вибрации наступает по времени, заданном оператором вибропресса, а при производстве высоких изделий – по заданной высоте

камня. Особое значение имеет внесение изменений в рецептуру бетонной смеси, уменьшение высоты заполнения ячеек бетонной смесью, и, не в последнюю очередь, состояние производственной установки.

В заключение, хотелось бы выделить ряд факторов и параметров, влияющих на равномерное заполнение формы жесткой бетонной смесью, и как следствие, на качество выпускаемой продукции:

- рационально подобранный состав бетонной смеси (для каждого вида изделий с различной высотой рецептура смеси подбирается индивидуально);

– равномерная непрерывная подача свежеприготовленной бетонной смеси с постоянными свойствами;

– оптимальный объем бетонной смеси в трансферкаре в зависимости от конфигурации формы;

– равномерность распределения бетона по всей площади формы обеспечивается многократным передвижением трансферкары. У вибропрессов с передвижной колосниковой решеткой трансферкара находится в неподвижном состоянии над формой и только колосниковая решетка совершает поступательные движения, что сокращает время производства;

– оптимальный режим предварительной вибрации: частота 2700...3000 об/мин с низкой интенсивностью для обработки смесей, уложенных в формах с широкими ячейками ( $\geq 50$  мм); частота 2400...2700 об/мин со средней интенсивностью для обработки смесей, уложенных в формах с узкими ячейками ( $\leq 50$  мм);

– интенсивность, частота и время основной вибрации жестких смесей зависят от типа изделия и должны соответственно корректироваться;

– сила вибрации: при высоте камня  $\leq 10$  см – 600...650 Н/кг; при высоте камня  $\geq 10$  см – 350...400 Н/кг;

– частота вибрации: полнотелые камни – 47 Гц (~2800 об/мин); пустотелые камни – 42 Гц (~2500 об/мин);

– время вибрации – 2,2...3,5 с.

Таким образом, установленные факторы и оптимальные параметры способствуют равномерному заполнению всех ячеек формы жесткой бетонной смесью при изготовлении методом полусухого вибропрессования мелкоштучных изделий, что существенно повышает их качество.

*\*Работа выполнена в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик Р.В., Алфимова Н.И., Ковтун М.Н. Стеновые камни из мелкозернистого бетона на основе техногенного сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 11. С. 46–49.
2. Косухин М.М., Шаповалов Н.А., Денисова Ю.В. Вибропрессованные бетоны с различными типами пластифицирующих добавок // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2007. № 6. С. 26.
3. Пути повышения эффективности мелкозернистого бетона / Р.В. Лесовик, А.И. Топчиев, М.С. Агеева, М.Н. Ковтун, Н.И. Алфимова, А.П. Гринев // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2007. №7. С. 16–17.
4. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Малюкова М.В. Высокоплотные составы вибропрессованных бетонов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 48–50.
5. Использование композиционных вяжущих для повышения долговечности брусчатки бетонной / В.С. Лесовик, М.С. Агеева, Ю.В. Денисова, А.В. Иванов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 52–54.
6. Андреас Верц. Устройство выравнивания уплотнения бетонной смеси // СРІ – Международное бетонное производство. 2010. №1. С. 78–82.
7. Штефен Мотес. Исследование вопроса заполнения формы свежеприготовленной бетонной смесью // СРІ – Международное бетонное производство. 2004. №1. С. 76–83.