

**А.Г. Маслов, д-р техн. наук, проф.;** **Ю.С. Саленко, канд. техн. наук, доц.**

«КРЕМЕНЧУГСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М. Остроградского»  
Кременчуг, Украина

## **ОДНОВАЛЬНЫЙ БЕТНОСМЕСИТЕЛЬ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ С ПЕРЕМЕННЫМИ ФОРМАМИ ЛОПАСТЕЙ**

Описана конструкция и принцип действия одновального бетоносмесителя принудительного действия с переменными формами лопастей.

Создание бетоносмесителей принудительного действия, сочетающих в себе высокие показатели производительности и качества приготовляемой смеси с его простотой конструкции и сравнительно малыми значениями металлоемкости и энергоемкости, является важной народнохозяйственной задачей. Снижения энергоемкости одновальных бетоносмесителей принудительного действия можно достичь путем изменения конструкции перемешивающего рабочего органа или за счет новых эффектов, создаваемых в цементобетонной смеси в процессе ее перемешивания.

Одновальный бетоносмеситель (рис. 1) представлен предлагаемый. Он включает корпус 1 с загрузочным 2 и выгрузочным, закрытым заслонкой 3, отверстиями и центральный лопастной вал 4, который при помощи подшипниковых опор 5 установлен внутри корпуса 1. Центральный лопастной вал 4 снабжен периферийными лопастями, выполненными в виде стоек 6 и закрепленными на них при помощи резьбовых соединений 7 периферийных лопаток 8, и внутренними лопастями, выполненными в виде стоек 9 и закрепленных на них при помощи резьбовых соединений 10 внутренних лопаток 11, имеющими наружный радиус вращения равный  $0,65...0,85$  наружного радиуса вращения периферийных лопаток. Периферийные и внутренние лопасти попарно сблокированы, имеют одну систему крепления при помощи резьбовых соединений 12 и развернуты относительно оси вращения одна от другой на угол  $180^{\circ}$ , при этом рабочие поверхности периферийных лопаток наклонены под углом  $\alpha = 30...40^{\circ}$  к плоскости, параллельной оси вала и образуют прерывистую винтовую линию в прямом направлении, а рабочие поверхности внутренних лопаток наклонены под углом  $\beta = 120...130^{\circ}$  к плоскости, параллельной оси вала и образуют прерывистую винтовую линию в обратном направлении. По ходу закручивания каждой прерывистой винтовой линии у торцов корпуса 1 смесителя установлены отбойные лопатки 13 и 14, имеющие те же геометрические параметры, что и основные лопатки, и развернуты на угол  $180^{\circ}$ . Каждая внутренняя лопатка может быть выполнена в виде части кольца или в виде части винтовой линии. Лопастной смеситель принудительного

действия соединяется с приводом (на рисунке не показан) при помощи полумуфты 15.

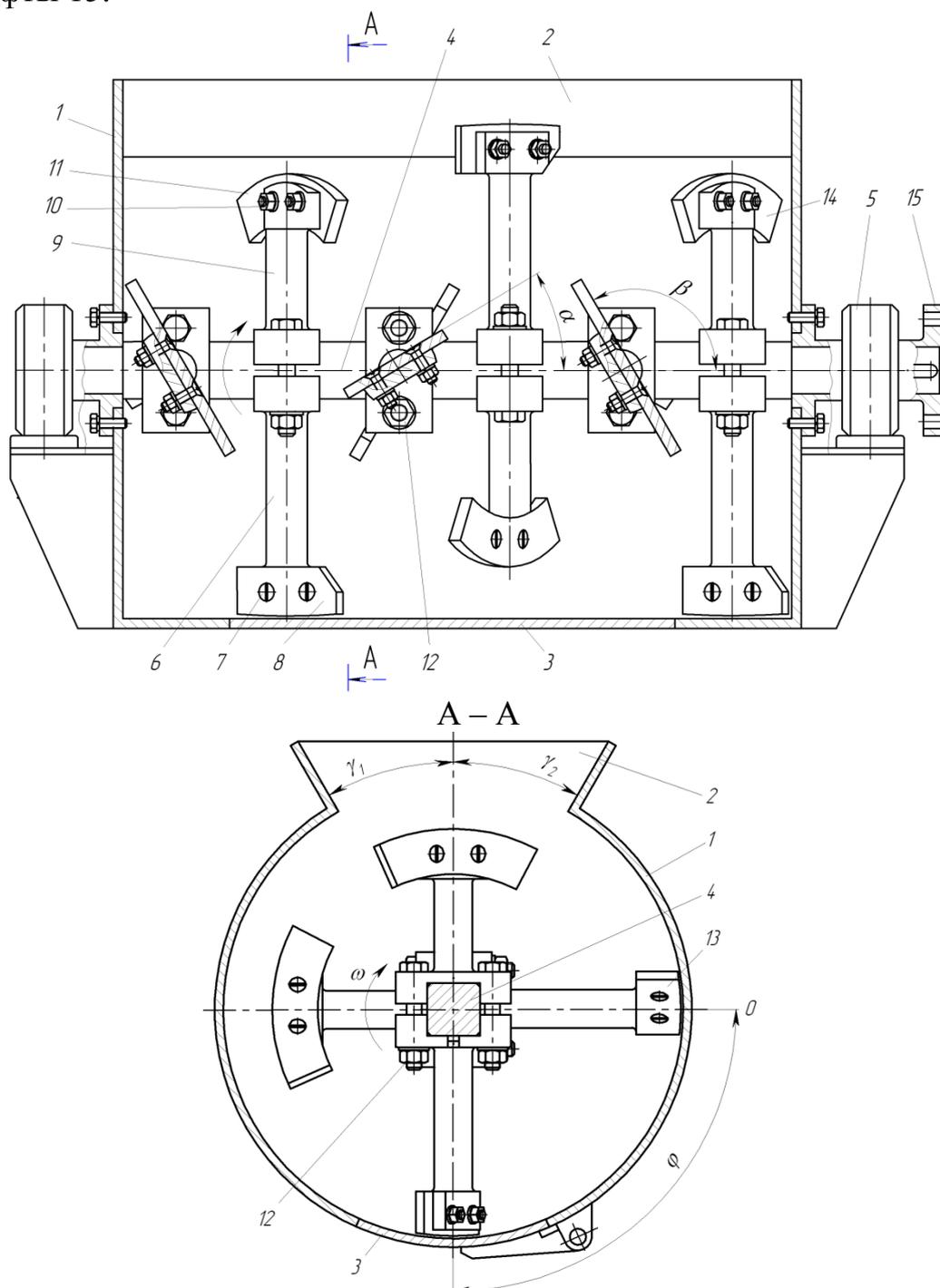


Рис. 1. Общий вид бетоносмесителя

Предлагаемый смеситель работает следующим образом. Включается привод смесителя и через загрузочное отверстие 2 во внутрь корпуса 1 подают предварительно отдозированные минеральные материалы и воду. При вращении вала по стрелке лопасти интенсивно перемешивают смесь, одновременно перемещая ее по двум противоположно направленным потокам: в центральной части и по периферии.

Под действием внутренних лопаток 11 смесь переводится во взвешенное состояние и образуется центральный поток, который перемещается в продольном направлении к задней торцевой стенке корпуса, и одновременно закручивается вокруг продольной оси. Под действием периферийных лопаток 8 образуется кольцевой периферийный поток, который вращается вокруг продольной оси и одновременно перемещается в продольном направлении к передней торцевой стенке корпуса. При этом каждая частица испытывает вихревые движения и периодически перемещается из одного потока в другой, что обеспечивает интенсивный массообмен и ускоряет процесс обволакивания минеральных частиц вяжущим. В свободной зоне, определяемой суммой центральных углов  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$ , кольцевой периферийный поток переводится во взвешенное (кипящее) состояние. После окончания процесса перемешивания открывается заслонка 3 и смесь выгружается в транспортное средство.

Установлено, что в процессе работы перед лопатками образуется ядро уплотнения [1, 2] в виде клина, формы и геометрические размеры которого определены в работе [1]. При этом средние силы сопротивления, действующие на периферийные и внутренние лопатки, в первом приближении могут быть определены по следующим зависимостям:

$$F_1(\varphi) = K_{s1}(\varphi) h_1 b_1 \cos \alpha; \quad (1)$$

$$F_2(\varphi) = K_{s2}(\varphi) h_2 b_2 \cos \beta, \quad (2)$$

где  $F_1(\varphi)$ ,  $F_2(\varphi)$  – переменные силы сопротивления действующие соответственно на каждую периферийную и внутреннюю лопатки;  $K_{s1}(\varphi)$ ,  $K_{s2}(\varphi)$  – коэффициенты сопротивления бетонной смеси при перемешивании соответственно периферийными и внутренними лопатками;  $h_1$ ,  $h_2$  – высота периферийных и внутренних лопаток;  $b_1$ ,  $b_2$  – ширина периферийных и внутренних лопаток;  $\varphi$  – угол поворота лопатки от нулевого (горизонтального) положения.

В процессе поисковых теоретических и экспериментальных исследований было установлено, что коэффициент лобового сопротивления движению лопаток в смеси имеет переменное значение и зависит от геометрических параметров смесителя и лопаток, величины заполнения смесью корпуса смесителя, деформационной способности смеси и др. Коэффициенты лобового сопротивления движению лопаток в смеси можно выразить в виде следующих функций:

$$K_{s1} = K_{s01} \cdot e^{-\delta_1 \varphi^2} (1 + \sin^2 k_1 \varphi); \quad (3)$$

$$K_{s2} = K_{s02} \cdot e^{-\delta_2 \varphi^2} (1 + \sin^2 k_2 \varphi), \quad (4)$$

где  $K_{s01}$ ,  $K_{s02}$  – коэффициенты сопротивления перемешиванию смеси при  $\varphi = 0$ ;  $\delta_1 = a_1 f_2 + a_2 f_1 \frac{V_1}{V_0}$ ;  $a_1$ ,  $a_2$  и  $k_1$  – экспериментальные коэффициенты для цементобетонных смесей жесткостью от 30 до 120 с,  $a_1 = 0,25$ ,

$a_2 = 0,12$  и  $k_1 = 1,5$ ;  $f_1$  – коэффициент трения бетонной смеси по обечайке;  $f_2$  – коэффициент внутреннего трения перемешиваемой цементобетонной смеси;  $V_0$  – объем бетонной смеси при коэффициенте заполнения корпуса смесителя равном 0,5;  $V_1$  – фактический объем бетонной смеси, находящейся в корпусе смесителя.

Используя зависимости (1–4) последовательно определим энергию, затрачиваемую на перемешивание смеси вначале периферийными лопатками, а затем и внутренними лопастями:

$$W_1 = K_{s01} R_1 h_1 b_1 z_1 \cos \alpha \cdot \int_{\varphi=0}^{\varphi=\theta} e^{-\delta_1 \varphi^2} (1 + \sin^2 k_1 \varphi) \cdot d\varphi; \quad (5)$$

$$W_2 = K_{s01} R_2 h_2 b_2 z_2 \cos \beta \cdot \int_{\varphi=0}^{\varphi=\theta} e^{-\delta_1 \varphi^2} (1 + \sin^2 k_1 \varphi) \cdot d\varphi, \quad (6)$$

где  $W_1, W_2$  – энергия, затрачиваемая на перемешивание смеси соответственно периферийными и внутренними лопатками за один оборот лопастного вала;  $R_1, R_2$  – средние радиусы вращения;  $z_1, z_2$  – количество периферийных и внутренних лопаток;  $\theta$  – угол, определяющий положение лопаток в момент их выхода в свободную зону перемешивания.

Мощность привода бетоносмесителя, приходящаяся на преодоление сил сопротивления перемешиванию, определится на основании выражений (5) и (6) из следующей зависимости:

$$P = \lambda_1 \lambda_2 \frac{(W_1 + W_2)n}{60\eta}, \quad (7)$$

где  $n$  – частота вращения лопастного вала;  $\eta$  – коэффициент полезного действия привода смесителя;  $\lambda_1$  – коэффициент, учитывающий затраты энергии на преодоление инерционных сил, дробление заполнителя и др.,  $\lambda_2$  – коэффициент, учитывающий затраты энергии на преодоление сил сопротивления стойками,  $\lambda_2 = 1,15 \dots 1,2$ .

Для проведения исследований использовался бетоносмеситель принудительного действия, у которого радиус обечайки корпуса равен  $R = 300$  мм. Ширина лопатки была принята равной 120 мм. В табл. 1 приведены физико-механические характеристики используемых жестких смесей.

В результате проведенных исследований было установлено, что вопреки существующему мнению коэффициент сопротивления бетонной смеси  $K_s(\varphi)$  при перемешивании не остается постоянным, а существенно зависит от угла поворота лопастного вала. Значение  $K_s(\varphi)$  также зависит от физико-механических характеристик смеси и высоты лопатки лопастного вала. Сухие смеси и бетонные смеси с большей жесткости имеют большие значения коэффициента сопротивления  $K_s(\varphi)$ . Плотность рыхлой смеси  $\rho_2$  и плотность ядра уплотнения  $\rho_1$  не оказывают видимого значения на изменение сил сопротивления перемешиванию смеси. Это объясня-

ется тем, что величина сил сопротивления при перемешивании в большей степени зависит от коэффициента трения смеси по обечайке корпуса смесителя  $f_1$ . Коэффициент внутреннего трения смеси  $f_2$  в меньшей степени влияет на изменение сил сопротивления. При увеличении высоты лопасти с 60 мм до 90 мм максимальное значение коэффициента сопротивления снижается на 11...18%, т.е. при увеличении высоты лопасти в 1,5 раза, общая нагрузка действующая на лопасть, возрастает не в 1,5 раза, а только в 1,3...1,35 раза. Наибольшие давления, возникающие в результате перемешивания сухих и жестких смесей, лопасти испытывают при вращении в диапазоне от  $30^\circ$  до  $75^\circ$ .

Табл. 1. Физико-механические характеристики бетонных смесей

Тип жесткой смеси	Физико-механические характеристики смеси				
	Плотность ядра уплотнения, $\rho_1$ , кг/м <sup>3</sup>	Плотность рыхлой смеси, $\rho_2$ , кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент трения смеси по обечайке, $f_1$	Внутренний коэффициент трения смеси, $f_2$	Значение коэффициента сопротивления при $\varphi=0$ , $K_{s0}$ , кПа
Сухая смесь	1740	1600	0,7	0,8	28,5
Ж=120 с	1860	1700	0,6	0,8	23
Ж=90 с	1980	1800	0,55	0,75	21
Ж=60 с	2030	1850	0,5	0,7	18,5
Ж=30 с	2090	1900	0,45	0,7	17,5

**ВЫВОДЫ.** Предложена новая конструкция однолопастного смесителя, имеющего переменную форму лопастей, создающих в перемешиваемой цементобетонной смеси дополнительные эффекты, интенсифицирующие процесс перемешивания и повышающие качество смеси за счет разрушения агрегатов из слипшихся частиц. Выявлена закономерность изменения коэффициента сопротивления  $K_s$  бетонной смеси в зависимости от угла поворота лопастного вала. Это позволяет точнее определить мощность привода бетоносмесителей принудительного действия, а также разработать их принципиально новые конструкции, повысив при этом качество приготавливаемых смесей и уменьшив мощность привода в 1,5...1,8 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Маслов, О. Г.** Исследование взаимодействия лопасти бетоносмесителя принудительного действия с цементобетонной смесью / О. Г. Маслов, Ю. С. Саленко // Вісник КДПУ. – 2006. – Вип.2/2006 (35). – С. 20–23.
2. **Маслов А. Г.** Определение сил сопротивления перемешиванию и мощности привода однолопастного бетоносмесителя принудительного действия / А. Г. Маслов, Ю. С. Саленко // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2005. – Вип. 5/2005 (34). Ч. 2. – С. 22–24.