

УДК 693.95(075.8)

**РАЗРАБОТКА ВИБРОМЕХАНИЧЕСКОГО БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ  
ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ****Ю. С. Саленко**Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: knto@mail.ru

В современном производстве предъявляются повышенные требования к бетоносмесителям, которые должны иметь сравнительно простую конструкцию, высокую производительность, надежность, низкую энергоемкость и обеспечивать высокое качество приготовления пластичных, жестких и сверхжестких бетонных смесей. Для эффективной и надежной работы предлагаемых бетоносмесителей принудительного действия необходимо точно выбрать рациональные параметры перемешивающих рабочих органов, создающих при перемешивании новые эффекты в виде активной циркуляции и виброактивации бетонных смесей, а также обосновать рациональные скоростные режимы и режимы виброактивации смеси в процессе её перемешивания. Целью данного исследования является разработка новой конструкции энергосберегающего бетоносмесителя с осциллирующими колебаниями. Описаны конструкция и принцип действия вибромеханического бетоносмесителя принудительного действия, снабженного перемешивающим рабочим органом в виде лопастного вала и вибрационным устройством, генерирующим осциллирующие колебания смесительного барабана. На лопастном валу бетоносмесителя при помощи стоек закреплены центральные и периферийные лопатки, образующие прерывистые винтовые линии для перемещения смеси во взаимно противоположных направлениях: по периферии смесительного барабана и в его центральной части. На смесительном барабане, установленном на упругих амортизаторах, смонтирован вибровозбудитель крутильных колебаний, генерирующий осциллирующие колебания смесительного барабана относительно оси вращения лопастного вала. Составлены уравнения движения и определены законы осциллирующих (крутильных) колебаний смесительного барабана на холостом ходу и в рабочем режиме приготовления бетонной смеси, позволяющие обосновать основные параметры бетоносмесителя и технологические режимы вибрационной обработки смеси в процессе её приготовления, найти мощность электропривода. Использование предлагаемого бетоносмесителя позволяет практически вдвое снизить установленную мощность электропривода и втрое уменьшить энергоемкость процесса приготовления бетонных смесей.

**Ключевые слова:** смеситель, лопатки, бетонные смеси, осциллирующие колебания.

**РОЗРОБКА ВІБРОМЕХАНІЧНОГО БЕТОНОЗМІШУВАЧА ПРИМУСОВОЇ ДІЇ****Ю. С. Саленко**Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: knto@mail.ru

У сучасному виробництві висувуються підвищені вимоги до бетонозмішувачів, які повинні мати порівняно просту конструкцію, високу продуктивність, надійність, низьку енергоємність і забезпечувати високу якість приготування пластичних, жорстких і наджорстких бетонних сумішей. Для ефективно й надійно роботи пропонується бетонозмішувачів примусової дії необхідно точно вибрати раціональні параметри перемішувачів робочих органів, що створюють при перемішуванні нові ефекти у вигляді активної циркуляції й віброактивації бетонних сумішей, а також обґрунтувати раціональні швидкісні режими та режими віброактивації суміші в процесі її перемішування. Метою даних досліджень є розробка нової конструкції енергозберігаючого бетонозмішувача з осцилюючими коливаннями. Описано конструкцію й принцип дії вібромеханічного бетонозмішувача примусової дії, забезпеченого перемішувачем робочим органом у вигляді лопатевого вала й вібраційним пристроєм, генеруючим осцилюючі коливання змішувального барабана. На лопатовому валу бетонозмішувача за допомогою стійок закріплені центральні й периферійні лопатки, які утворюють переривчасті гвинтові лінії для переміщення суміші у взаємно протилежних напрямках: по периферії змішувального барабана й в його центральній частині. На змішувальному барабані, встановленому на пружних амортизаторах, змонтовано вібровозбуджувач крутильних коливань, що генерує осцилюючі коливання змішувального барабана відносно осі обертання лопатевого вала. Складено рівняння руху та визначено закони осцилюючих (крутильних) коливань змішувального барабана на холостому ходу й у робочому режимі приготування бетонної суміші, що дозволяють обґрунтувати основні параметри бетонозмішувача та технологічні режими вібраційної обробки суміші в процесі її приготування, знайти потужність електроприводу. Використання запропонованого бетонозмішувача дозволяє практично удвічі знизити встановлену потужність електроприводу й утричі зменшити енергоємність процесу приготування бетонних сумішей.

**Ключові слова:** змішувач, лопатки, бетонні суміші, осцилюючі коливання.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Бетоносмесители принудительного действия широко используются в строительном производстве для приготовления бетонных смесей и растворов. Для этих целей исполь-

зуются роторные [1], одновальные [2, 3] и двухвальные бетоносмесители принудительного действия [4]. Одновальные бетоносмесители принудительного действия [2] предназначены для приготовления пла-

стичных и жестких цементобетонных смесей, бетонов с легким заполнителем и строительных растворов. Эти смесители сочетают в себе высокую эффективность приготовления бетонных смесей и в сравнении с роторными [1] и двухвальными [4] бетоносмесителями отличаются простотой конструктивного исполнения, имеют сравнительно небольшую металлоемкость. Энергоемкость разработанных одновальных бетоносмесителей принудительного действия [2] отвечает требованиям ГОСТ 16349-85 [5] и находится ниже уровня энергоемкости двухвальных бетоносмесителей принудительного действия на 30–40 %. Однако современное производство требует создания машин и бетоносмесительного оборудования с малой энергоемкостью и высокой износостойкостью рабочих органов. Эти машины должны обеспечивать эффективное приготовление жестких бетонных смесей. Снижения энергоемкости и повышения эффективности процесса приготовления можно достичь путем использования вибрационного воздействия на бетонную смесь в процессе её приготовления через корпус смесителя [6], в транспортирующем в зону перемешивания виброролотке [7] или через встроенную в корпус смесителя вибрационную заслонку [8]. Эти вибросмесители снабжены вибровозбудителями направленных [6] или круговых колебаний [7, 8]. Они обеспечивают приготовление жестких бетон-

ных смесей, но требуют надежной защиты электропривода от вредных вибрационных воздействий, передаваемых от вибрирующих механизмов. Дальнейшего снижения энергоемкости и упрощения конструкции одновальных смесителей принудительного действия [2, 8], предназначенных для приготовления жестких и сверхжестких бетонных смесей, можно достичь путем внедрения в технологический процесс перемешивания вибрационного воздействия на бетонную смесь, создаваемого осциллирующими колебаниями корпуса смесителя [9, 10].

Целью данной работы является разработка и исследование рациональных параметров вибромеханического бетоносмесителя принудительного действия, снабженного виброактивным смесительным барабаном с осциллирующими колебаниями и обладающего малой энергоемкостью.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Вибромеханический смеситель с осциллирующими (крутильными) колебаниями [10] (рис. 1) состоит из смесительного барабана 1 с загрузочным 2 люком и выгрузочным отверстием, закрытым заслонкой 3. Внутри смесительного барабана расположен лопастной вал 4, опирающийся на подшипниковые опоры 5, которые закреплены на внешних торцевых стенках барабана. Лопастной вал 4 снабжен периферийными и центральными лопастями.

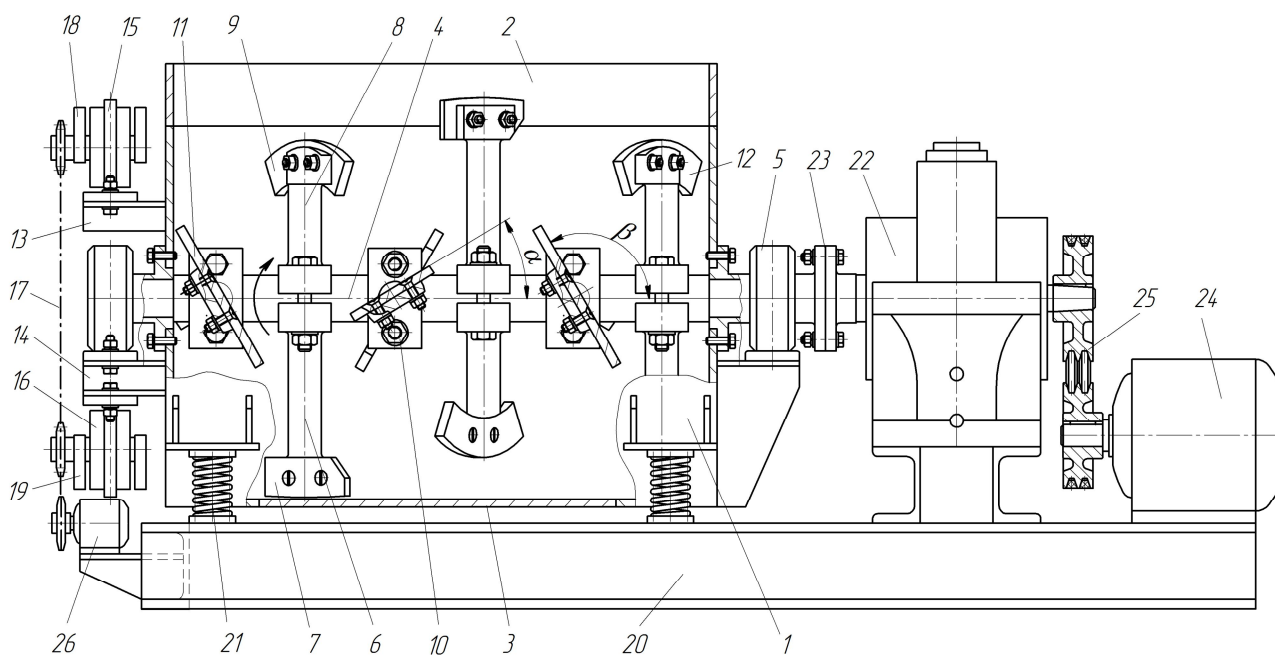


Рисунок 1 – Общий вид вибромеханического бетоносмесителя принудительного действия

Периферийные лопасти состоят из стоек 6, на которых закреплены периферийные лопатки 7, а центральные лопасти состоят из стоек 8 и центральных лопаток 9. Периферийные и центральные лопасти закреплены на лопастном валу резьбовым соединением 10. Рабочие поверхности периферийных

лопаток 7 имеют наклон к плоскости, параллельной оси вала, равный  $\alpha = 30\text{--}40^\circ$ , а центральные лопатки 9 имеют наклон к плоскости, параллельной оси вала, равный  $\beta = 120\text{--}130^\circ$ . В результате образованы две прерывистые винтовые линии: одна состоит из периферийных лопаток 7 для перемещения смеси

в зону выгрузки, а другая – из центральных лопаток 9 для перемещения смеси в обратном направлении. Лопасти каждой винтовой линии смещены одна относительно другой на угол в 90°. У торцов смесительного барабана 1 установлены отбойные лопатки 11 и 12. На торцевой стенке смесительного барабана симметрично относительно оси вращения вала жестко закреплены два кронштейна 13 и 14, на каждом из которых смонтировано по одному дебалансному вибровозбудителю круговых колебаний 15 и 16, которые кинематически связаны друг с другом гибкой связью 17 без проскальзывания (цепной передачей) с передаточным отношением, равным 1,0, при этом дебалансы 18 одного вибровозбудителя круговых колебаний смещены на 180° относительно дебалансов 19 другого вибровозбудителя круговых колебаний, а смесительный барабан 1 установлен на опорной раме 20 при помощи упругих амортизаторов 21. Лопастной вал 4 вибромеханического смесителя с крутильными колебаниями соединяется с редуктором 22 основного привода при помощи муфты 23. Редуктор 22 закреплен на опорной раме 20 и связан с асинхронным электродвигателем 24 при помощи клиноременной передачи 25. Для привода вибровозбудителей круговых колебаний 15 и 16 от электродвигателя 26 используется цепная передача 17.

Вибромеханический смеситель с осциллирующими (крутильными) колебаниями смесительного барабана работает следующим образом.

Электромеханический привод смесителя через муфту 23 вращает лопастной вал. Электродвигатель 26 через гибкую передачу без проскальзывания 17 сообщает движение вибровозбудителям круговых колебаний 15 и 16, которые сообщают смесительному барабану крутильные (угловые) колебания. После включения основного привода и привода вибровозбудителей колебаний в смесительный барабан 1 загружают отдозированные минеральные материалы. Затем после сухого перемешивания, которое длится 6–10 с, внутрь смесительного барабана впрыскивают воду. Вращающиеся лопасти перемешивают многокомпонентную смесь и одновременно перемещают ее двумя противоположно направленными потоками: по центру смесительного барабана и по его периферии. Центральные лопатки 9 переводят смесь во взвешенное состояние и в виде центрального потока перемещают её в продольном направлении к задней торцевой стенке смесительного барабана. Периферийные лопатки 7 создают периферийный вращающийся поток смеси, который одновременно перемещается в продольном направлении к передней торцевой стенке смесительного барабана.

Одновременно вибрационным воздействием со стороны обечайки смесительного барабана, совершающего крутильные колебания относительно оси вращения лопастного вала, в бетонной смеси создаются сдвиговые деформации. Перемешиваемая смесь переходит в тиксотропное состояние, и

уменьшается её коэффициент внутреннего трения. Происходит виброактивация бетонной смеси. В результате сокращается продолжительность перемешивания и образуется однородная качественная смесь. Применение вибрационного воздействия на бетонную смесь в виде осциллирующих (крутильных) колебаний обечайки смесительного барабана позволяет также значительно снизить силы сопротивления перемешиванию смеси и, соответственно, уменьшить мощность привода. Крутильные колебания смесительного барабана относительно оси вращения лопастного вала позволяют не только уменьшить мощность привода, но и не передают вредного вибрационного воздействия на редукторный привод лопастного вала.

Использование отбойных лопаток 11 и 12 обеспечивает непрерывный кругооборот смеси в корпусе и препятствует образованию застойных зон в смесителе.

На эффективность вибрационной обработки и активации цементобетонных смесей, а также на снижение сил сопротивления перемешиванию существенное влияние оказывает характер осциллирующего движения смесительного барабана, который зависит от момента инерции и массы смесительного барабана, жесткости упругих амортизаторов, частоты и амплитуды момента возмущающих сил вибровозбудителей колебаний, массы и физико-механических характеристик бетонной смеси. Поскольку частота и амплитуда осциллирующих колебаний смесительного барабана являются технологическими параметрами, от которых зависит качество приготавливаемой цементобетонной смеси, то в процессе исследований определялись рациональные параметры и закон устойчивого осциллирующего движения смесительного барабана, обеспечивающие получение необходимого технологического режима.

Для определения основных параметров вибрационной системы вначале исследуем характер осциллирующего движения смесительного барабана без нагрузки, т.е. в режиме холостого хода, а затем исследуем движение динамической системы «смесительный барабан–обрабатываемая среда» в рабочем режиме при номинальной нагрузке бетоносмесителя.

Рассмотрим движение динамической системы в режиме холостого хода.

Движение смесительного барабана под действием момента возмущающей силы вибровозбудителей колебаний  $M(t)$  в виде крутильных (угловых) колебаний относительно продольной оси  $X$ , проходящей через центр тяжести, можно описать дифференциальным уравнением

$$J \frac{d^2 \varphi_x}{dt^2} + n_1 \frac{d\varphi_x}{dt} + k_1 \varphi_x = M \sin \omega t, \quad (1)$$

где  $\varphi_x$  – угловые перемещения смесительного барабана относительно координаты  $X$ ;  $J$  – момент инерции масс смесительного барабана относительно

координатной оси  $X$ ;  $k_1$  – крутильная жесткость упругих амортизаторов;  $n_1$  – крутильные коэффициенты неупругих сопротивлений упругих амортизаторов относительно координатной оси  $X$ ;  $M$  – амплитуда возмущающего момента сил

$$M = Qr;$$

$Q$  – амплитуда возмущающей силы одного вибро-возбудителя колебаний;  $r$  – расстояние между вибро-возбудителями колебаний;  $\omega$  – угловая частота вынужденных колебаний;  $t$  – время.

Решение уравнения (1) для стационарных крутильных колебаний смесительного барабана найдем в следующем виде:

$$\varphi_x(t) = \Phi_x \sin(\omega t - \xi), \quad (2)$$

где  $\Phi_x$  – амплитуда крутильных колебаний смесительного барабана относительно координатной оси  $X$ ;  $\xi_1$  – угол сдвига фаз между амплитудой момента возмущающих сил и амплитудами вынужденных крутильных колебаний корпуса смесителя;

$$\Phi_x = \frac{Q \cdot r}{\sqrt{(k_1 - J_x \omega^2)^2 + n_1^2 \omega^2}}; \quad (3)$$

$$\xi = \arctg \frac{n_1 \omega}{k_1 - J_x \omega^2}. \quad (4)$$

Используя зависимости (2)–(4), определим линейные перемещения по окружности внутренней цилиндрической поверхности смесительного барабана, взаимодействующей с бетонной смесью:

$$u_1(t) = \Phi_x R \sin(\omega t - \xi), \quad (5)$$

где  $R$  – радиус обечайки корпуса смесителя.

Полученные выражения (3)–(5) позволяют установить закон движения внутренней цилиндрической поверхности смесительного барабана, взаимодействующей с цементобетонной смесью, а также обосновать рациональный технологический режим вибрационной обработки и виброактивации цементобетонной смеси, определить основные параметры предлагаемого бетоносмесителя.

Движение динамической системы «смесительный барабан–обрабатываемая среда» в рабочем режиме при его полной загрузке цементобетонной смесью можно описать следующим уравнением:

$$J \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} + n_1 \frac{d\varphi_1}{dt} + k_1 \varphi_1 \pm F_{tr} R = M \sin \omega t, \quad (6)$$

где  $\varphi_1$  – угловое смещение смесительного барабана относительно координатной оси  $X$  в рабочем режиме;  $F_{tr}$  – сила кулонова трения, действующая на обечайку смесительного барабана со стороны слоя бетонной смеси.

Силу кулонова трения можно определить из следующей зависимости:

$$F_{tr} = m_{ba} g f_{v1}, \quad (7)$$

где  $m_{ba}$  – физическая масса бетонной смеси в смесителе при рабочем режиме;  $f_{v1}$  – коэффициент трения бетонной смеси по внутренней поверхности смесительного барабана при вибрационном воздействии;  $g$  – ускорение свободного падения.

Выражение (6) является нелинейным уравнением, поскольку содержит нелинейную функцию

$$f(t) = \pm F_{tr} R. \quad (8)$$

Для решения уравнения (6) применим метод линеаризации, поскольку с уверенностью можно предположить, что корпус смесителя под действием гармонического возбуждения  $M \sin \omega t$  будет совершать периодические колебания с частотой  $\omega$ . В этом случае при стационарных (вынужденных) колебаниях смесительного барабана нелинейную функцию  $f(t) = \pm F_{tr} R$  с достаточной степенью точности можно представить в виде ряда Фурье [11]:

$$f(t) = \frac{4F_{tr} R}{\pi} \left[ \sin \omega t + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} + \dots + \frac{\sin[(2n\omega + 1)t]}{2n + 1} \right]. \quad (9)$$

Подставляя функцию (9) в выражение (6), получим уравнение колебаний, описывающее крутильные колебания барабана бетоносмесителя в следующем виде:

$$J \frac{d^2 \varphi_1}{dt^2} + n_1 \frac{d\varphi_1}{dt} + k_1 \varphi_1 = M \sin \omega t - \frac{4F_{tr} R}{\pi} \left[ \sin \omega t + \frac{\sin 3\omega t}{3} + \frac{\sin 5\omega t}{5} + \dots + \frac{\sin[(2n\omega + 1)t]}{2n + 1} \right]. \quad (10)$$

Решение уравнения (10) для стационарных крутильных колебаний барабана бетоносмесителя будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \varphi_1(t) = & \Phi_x \sin(\omega t - \xi) - \Phi_1 \sin(\omega t - \xi_1) - \\ & - \Phi_3 \sin(3\omega t - \xi_3) - \Phi_5 \sin(5\omega t - \xi_5) - \dots \\ & \dots - \Phi_{2n+1} \sin[(2n + 1)\omega t - \xi_{2n+1}]. \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь  $\Phi_1, \Phi_3, \Phi_5, \dots, \Phi_{2n+1}$  – амплитуды крутильных колебаний барабана бетоносмесителя относительно координатной оси  $X$  на соответствующей гармонике;  $\xi_1, \xi_3, \xi_5, \dots, \xi_{2n+1}$  – углы сдвига фаз;

$$\Phi_1 = \frac{4F_{tr} R}{\pi \sqrt{(k_1 - J\omega^2)^2 + n_1^2 \omega^2}}; \quad (12)$$

$$\Phi_3 = \frac{4F_{tr}R}{3\pi\sqrt{(k_1 - 9J\omega^2)^2 + 9n_1^2\omega^2}}; \quad (13)$$

$$\Phi_5 = \frac{4F_{tr}R}{5\pi\sqrt{(k_1 - 25J\omega^2)^2 + 25n_1^2\omega^2}}; \quad (14)$$

$$\Phi_{2n+1} = \frac{4F_{tr}R}{\pi(2n+1)} \times \frac{1}{\sqrt{[k_1 - (2n+1)^2 J\omega^2]^2 + (2n+1)^2 n_1^2 \omega^2}}; \quad (15)$$

$$\xi_1 = \xi; \quad (16)$$

$$\xi_3 = \arctg \frac{3n_1\omega}{k_1 - 9J\omega^2}; \quad (17)$$

$$\xi_5 = \arctg \frac{5n_1\omega}{k_1 - 25J\omega^2}; \quad (18)$$

$$\xi_{2n+1} = \arctg \frac{(2n+1)n_1\omega}{k_1 - (2n+1)^2 J_1\omega^2}. \quad (19)$$

На основании выражения (11) определим закон осциллирующих колебаний обечайки барабана смесителя, контактирующей с бетонной смесью в рабочем режиме:

$$\lambda_1(t) = R\varphi_1(t) = R\{(\Phi_x - \Phi_1) \sin(\omega t - \xi) - \Phi_3 \sin(3\omega t - \xi_3) - \Phi_5 \sin(5\omega t - \xi_5) - \dots - \Phi_{2n+1} \sin[(2n\omega + 1)t - \xi_{2n+1}]\}. \quad (20)$$

Полученные выражения (11)–(20) позволяют установить осциллирующий закон движения смесительного барабана в рабочем режиме и определить рациональные параметры вибромеханического бетоносмесителя. Анализ полученных результатов

показывает, что в зависимости (20) с достаточной для инженерных расчетов степенью точности можно ограничиться первыми тремя или четырьмя членами, стоящими в фигурных скобках.

Предложенная конструкция вибромеханического бетоносмесителя с осциллирующими колебаниями смесительного барабана позволяет достаточно простыми способами обеспечить предельное разрушение связей и структуры бетонной смеси за счет создания сдвиговых деформаций в обрабатываемом объеме смеси. В результате осциллирующих колебаний между внутренней поверхностью обечайки смесительного барабана и бетонной смесью создается тонкий смазывающий слой из «цементного молочка», что уменьшает силы внешнего трения бетонной смеси о барабан и снижает износ обечайки смесительного барабана. Это обстоятельство не требует установки на обечайке смесительного барабана защитных броневых листов.

Данную конструкцию целесообразно использовать на бетоносмесителях периодического действия с объемом по загрузке 100–375 л.

В процессе экспериментальных исследований было установлено, что для предельного разрушения структурных связей в бетонной смеси и снижения сил сопротивления перемешиванию величина сдвиговых деформаций, передаваемых обечайкой смесительного барабана бетонной смеси, должна быть не менее 0,5 мм при угловой частоте колебаний 292 рад/с.

В табл. 1 приведены экспериментальные и теоретические значения мощности привода вибромеханического бетоносмесителя с объемом по загрузке 100 л с осциллирующими колебаниями, полученными в результате приготовления жестких бетонных смесей различной консистенции, а также приведены показатели удельного расхода энергии электропривода смесителя. Согласно международному стандарту – ГОСТ 16349-85 с добавлениями от 01.02.2009, – этот показатель не должен превышать значение 0,03 кВт/л.

Таблица 1 – Значения мощности привода бетоносмесителя с осциллирующими колебаниями корпуса смесительной емкости при перемешивании бетонных смесей жесткостью 30–90 с

Состав бетонной смеси, кг	Консистенция смеси, с	Общая продолжительность приготовления, с	Мощность привода, Вт		Удельный расход энергии, кВт/л	
			Теоретическая	Экспериментальная	Теоретическая	Экспериментальная
Щ=1150	30	30	859	900	0,0086	0,009
П=685	60	30	995	1050	0,01	0,0105
Ц=400	90	30	1074	1120	0,0105	0,0112

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что при использовании вибромеханического процесса перемешивания бетонных смесей совместным действием вибрационного воздействия и интенсивного механического циркулирующего перемешивания обеспечивается резкое снижение удельного расхода энергии по сравнению со стандартными показателями [5] при одновременном

снижении продолжительности перемешивания. Это объясняется тем, что в результате вибрационного воздействия происходит предельное разрушение структуры смеси и она переходит в тиксотропное (разжиженное) состояние, становится более подвижной и, как следствие, уменьшаются силы сопротивления, разрушаются дефектные агрегаты смеси, улучшается обмазка минеральных частиц цемент-

ним вязущим.

Экспериментальные исследования показали, что бетоносмеситель принудительного действия с осциллирующими (крутильными) колебаниями смесительного барабана обеспечивает качественное приготовление цементобетонных смесей с коэффициентом вариации прочности 2,1–4,2 % (допускаемый коэффициент вариации прочности составляет 8 %). При этом вдвое уменьшается установленная мощность привода и практически вдвое уменьшается продолжительность перемешивания. Прочность изделий, отформованных из бетонных смесей, приготовленных в одновальном бетоносмесителе принудительного действия с использованием осциллирующих колебаний частотой 292 рад/с, повышается на 19,6–23,4 %, что позволяет уменьшить расход цемента на 13–16 % при одинаковой прочности бетона.

**ВЫВОДЫ.** В результате проведенных теоретических исследований определены основные рациональные параметры бетоносмесителя с осциллирующими (крутильными) колебаниями смесительного барабана. Установлено, что использование осциллирующих колебаний смесительного барабана в одновальном бетоносмесителе принудительного действия позволяет значительно уменьшить силы сопротивления при перемешивании бетонной смеси, причем виброактивация бетонной смеси позволяет не только ускорить процесс её приготовления за счет более интенсивного перемешивания минеральных составляющих, но и улучшить качество приготовленной смеси за счет предельного разрушения дефектных агрегатов смеси, состоящих из частиц цемента, покрытых водной пленкой, и капелек воды, удерживающих на своей поверхности частицы цемента силами капиллярного сцепления [8]. Предложенный принцип создания вибромеханических рабочих перемешивающих органов может быть использован в конструкциях бетоносмесителей периодического и непрерывного действия. Эти бетоносмесители могут использоваться как для приготовления жестких, так и пластичных бетонных смесей. Предложенная конструкция бетоносмесителей позволяет повысить производительность, уменьшить металлоемкость и установленную мощность электропривода, снизить энергоемкость процесса приготовления смесей.

#### DEVELOPMENT OF THE VIBROMECHANICAL MIXER OF ENFORCEMENT ACTION

**Yu. Salenko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

ul. Pervomayskaya, 20, Kremenchug, 39600, Ukraine. E-mail: kmt@mail.ru

In the modern workplace are increased requirements to the mixers, which should have a relatively simple construction, high performance, reliability, low power consumption and to ensure high quality preparation of plastic, hard and ultra hard concrete mixes. For efficient and reliable operation of the proposed mixers and enforcement actions necessary to accurately choose rational parameters of mixing of the working bodies, creating a stirring new effects in the form of active circulation and vibroactivity concrete mixes, as well as to justify a rational speed modes and the modes vibroactivity mixture during mixing. The purpose of this research is to develop new design energy saving mixer with oscillating vibrations. This paper describes the design and principle of operation vibromechanical of forced action mixer, equipped with stirrer working body in the form of a blade shaft and a vibrating device for generating an oscillating

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов А.А. Совершенствование конструкции смесительных машин // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета: сб. науч. тр. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – Вып. 29 – С. 217–220.
2. Саленко Ю.С. Горизонтальные бетоносмесители принудительного действия: монография. – Кременчук: ТОВ «Кременчуцька міська друкарня», 2013 – 218 с.
3. Одновальный бетоносмеситель. – Интернет ресурс: <http://zzbo.satu.kz/g282759-odnovalnyu-betonosmesiteli-zzbo>.
4. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Машиностроение, 1981. – 384 с.
5. ГОСТ 16349–85. Смесители циклические для строительных материалов. Технические условия. – М.: ИПК Издательство стандартов.
6. Берник М.П. Варіанти конструктивного виконання віброзмішувачів // Вибрации в технике и технологиях. – Вып. 1/1998 (15). – С. 12–13.
7. Маслов А.Г., Пономарь В.М. Вибрационные машины и процессы в дорожном строительстве. – К.: Будівельник, 1985. – 128 с.
8. Маслов А.Г., Иткин А.Ф., Саленко Ю.С. Вибрационные машины для приготовления и уплотнения бетонных смесей: монография. – Кременчук: ЧП Щербатых А.В., 2014. – 324 с.
9. Пат. 63258 Україна, МПК (2011.01) В28С 5/00. Вібромеханічний спосіб приготування цементобетонної суміші / Маслов О.Г., Саленко Ю.С.; заявник і патентовласник Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – № u201015761; заявл. 27.12.10; опубл. 10.10.11, Бюл. № 19.
10. Пат. 63259 Україна, МПК (2011.01) В28С 5/00, E01C 19/00. Вібромеханічний бетонозмішувач з осцилюючими коливаннями / Маслов О.Г., Саленко Ю.С.; заявник і патентовласник Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського. – № u201015764; заявл. 27.12.10; опубл. 10.10.11, Бюл. № 19.
11. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. – М.: Наука, 1986. – 544 с.

oscillations of the mixing drum. On a blade shaft of a mixer with the help of racks secured to the Central and peripheral blades, forming a discontinuous helix to move the mixture in opposite directions: on the periphery of the mixing drum and in its Central part. On the mixing drum mounted on elastic shock absorbers, vibration exciter mounted torsional vibration generating oscillating oscillation mixing drum about the axis of rotation of the impeller shaft. The equations of motion and determined the laws oscillating (torsional) oscillations of the mixing drum at idle and in operation of concrete mixing, allowing to prove the main parameters of concrete mixer and technological modes of vibration of processing the mixture in the course of its preparation, to find the capacity of the drive. The use of the proposed mixer was almost halved the installed capacity of the electric drive and three times to reduce the energy intensity of the process of preparation of concrete mixes.

**Key words:** mixer blades, concrete mixtures, oscillating vibration.

#### REFERENCES

1. Bogomolov, A.A. (2005), "Improving the design of mixing machines", *Vestnik Kharkovskogo natsionalnogo avtomobilno-dorozhnogo universiteta*, Kharkov, Vol. 29, pp. 217–220. (in Russian)
2. Salenko, Yu.S. (2013), *Gorizontalnye betonosmesiteli prinuditelnogo deystviya: monografiya* [Horizontal compulsory mixer: monograph], Kremenchutska miska drukarnya, Kremenchuk. (in Russian)
3. Single-shaft mixer, available at: <http://zzbo.satu.kz/g282759-odnovalnye-betonosmesiteli-zzbo> (accessed January 12, 2015).
4. Bauman, V.A., Klushantsev, B.V. and Martynov, V.D. (1981), *Mekhanicheskoe oborudovanie predpriyatiy stroitelnykh materialov, izdeliy i konstruktsiy* [Mechanical equipment of enterprises of building materials, components and structures], Mashinostroenie, Moscow. (in Russian)
5. GOST 16349–85 (1987), *Smesiteli tsiklichnye dlya stroitelnykh materialov. Tekhnicheskie usloviya* [Cycling mixers for building materials. Specifications], IPK Izdatelstvo standartov, Moscow. (in Russian)
6. Bernik, M.P. (1998), "Variants of design of vibromixer", *Vibratsiyi v tekhnike i tekhnologiyakh*, Vol. 1, no. 15, pp. 12–13. (in Ukrainian)
7. Maslov, A.G. and Ponomar, V.M. (1985), *Vibratsionnye mashiny i protsessy v dorozhnom stroitelstve* [Vibrating machines and processes in road construction], Budivelnik, Kyiv. (in Russian)
8. Maslov, A.G., Itkin, A.F. and Salenko, Yu.S. (2014), *Vibratsionnye mashiny dlya prigotovleniya i uplotneniya betonnykh smesey: monografiya* [Vibrating machine for the preparation and compaction of concrete mixtures. Monograph], ChP Scherbatykh, Kremenchug. (in Russian)
9. Maslov, A.G. and Salenko, Yu.S. (2011), Pat. UKRAINE 63258, IPC (2011.01) V28S 5/00. *Vibromehanichni sposib prigotuvannya tsementobetonnoi sumishi* [Vibromechanic way to the preparation of cement], № u201015761; appl. 27.12.10; publ. 10.10.11, Bul. no. 19. (in Ukrainian)
10. Maslov, A.G. and Salenko, Yu.S. (2011), Pat. UKRAINE 63259, IPC (2011.01) V28S 5/00, 19/00 E01S. *Vibromehanichni betonozmishuvach z ostsilyuyuchimi kolyvannyamy* [Vibromechanic mixer with oscillating vibrations], № u201015764; appl. 27.12.10; opubl. 10.10.11, Bul. no. 19. (in Ukrainian)
11. Bronstein, I.N. and Semendyaev, K.A. (1986), *Spravochnik po matematike dlya inzhenerov i uchashchikhsya vuzov* [Handbook of mathematics for engineers and students of universities], Nauka, Moscow. (in Russian)

Стаття надійшла 28.02.2015.