

РАЗРАБОТКА ОДНОВАЛЬНЫХ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Описані конструкції і принцип дії одновальних бетонних змішувачів примусової дії із змінною формою лопастей.

Ключові слова: бетонозмішувач, лопасть, кут нахилу, гвинтова лінія.

Описаны конструкции и принцип действия одновальных бетонных смесителей принудительного действия со сменной формой лопастей.

Ключевые слова: бетоносмеситель, лопасть, угол наклона, винтовая линия.

Constructions and the operation principle of forced action concrete mixers with changeable blades form are described.

Key words: concrete mixer, blade, slope angle, screw line.

Постановка проблеми. Создание бетоносмесителей принудительного действия, сочетающих в себе высокие показатели производительности и качества приготавливаемой смеси с его простотой конструкции и сравнительно малыми значениями металлоемкости и энергоемкости, является важной народнохозяйственной задачей.

Анализ предшествующих исследований. Для приготовления пластичных и жестких цементобетонных смесей, бетонов с легким заполнителем и строительных растворов был разработан одновальный бетоносмеситель принудительного действия [1], сочетающий высокую эффективность и простоту конструкции. Однако современное производство требует создания малоэнергоемкого бетоносмесительного оборудования, обеспечивающего приготовление жестких и сверхжестких цементобетонных смесей.

Цель работы. Разработка малоэнергоемких одновальных бетоносмесителей принудительного действия.

Материал и результаты исследований. На рис. 1 представлен одновальный лопастной смеситель с переменными формами лопастей [2], который 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 180^0 , при этом рабочие поверхности периферийных лопаток наклонены под углом $\alpha=30...40^0$ к плоскости, параллельной оси вала, и образуют прерывистую винтовую линию в прямом направлении, а рабочие поверхности внутренних лопаток наклонены под углом $\beta=120...130^0$ 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 180^0 . 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.

Одновальный бетоносмеситель 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, указанной на рис. 1 и 2, 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 γ_1 и γ_2 , кольцевой периферийный поток переводится во взвешенное (кипящее) состояние.

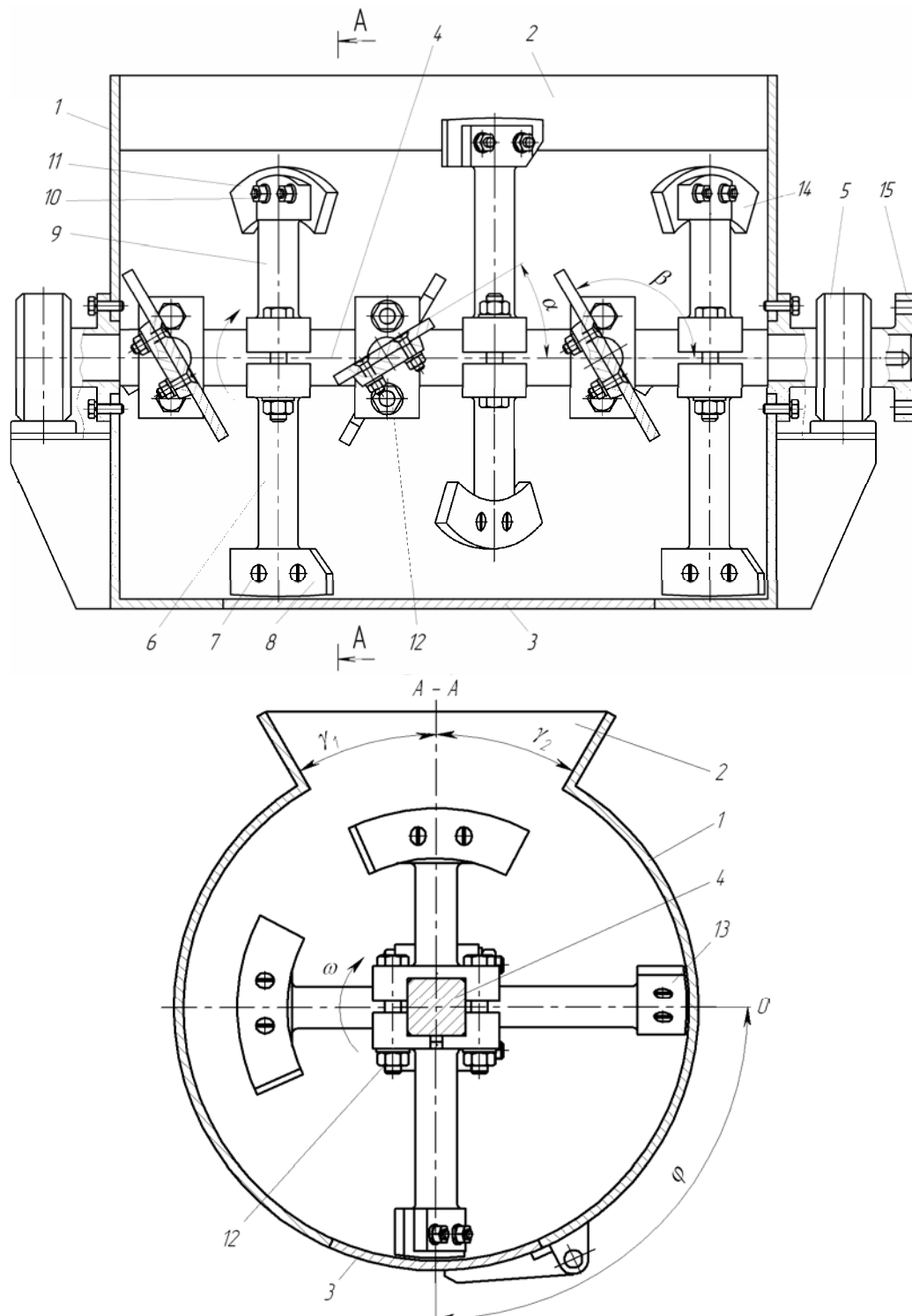


Рисунок 1 – Одновальный бетоносмеситель принудительного действия

При предлагаемом диапазоне соотношения основных параметров достигается наиболее эффективная работа лопастного смесителя. Закрепление внутренних лопаток под углом $\beta=120\dots130^0$ к плоскости, параллельной оси вала, является наиболее рациональным, так как при этих значениях угла обеспечивается перевод смеси во взвешенное состояние и завихрение минеральных частиц, что способствует интенсивному

перемешиванию, и создается необходимая скорость транспортирования центрального потока. Закрепление периферийных лопаток под углом $\alpha = 30 \dots 40^\circ$ к плоскости, параллельной оси вала, обеспечивает необходимую скорость транспортирования, достаточно интенсивное перемешивание кольцевого потока смеси и минимальные затраты энергии на перемешивание. При расположении смежных лопастей одноименного направления винтовой линии с шагом, равном $0,32 \dots 0,48$ радиуса внутренней поверхности цилиндрического корпуса, упрощается конструкция бетоносмесителя за счет установки минимально необходимого количества лопастей. Высота периферийных лопаток, равная $0,2 \dots 0,3$ радиуса рабочей поверхности корпуса, является рациональной, так как при больших значениях возрастают затраты энергии на перемешивание, при меньших значениях уменьшается массообмен между периферийным кольцевым потоком и центральным потоком, что замедляет процесс перемешивания. При отношении ширины внутренних лопаток к ширине центральных лопаток, равном $1,5 \dots 1,75$, обеспечивается равномерное распределение смеси по всей зоне перемешивания. Использование отбойных лопаток 13 и 14, устраняет образование застойных зон в смесителе.

При открывании заслонки 3 смесь выгружается в транспортное средство.

Коэффициент заполнения лопастного смесителя составляет $0,6 \dots 0,65$ от всего объема смесителя, что позволяет на $20 \dots 30\%$ увеличить объем разового замеса. В $1,5 \dots 2$ раза сокращается продолжительность перемешивания, а, следовательно, увеличивается производительность. Также на 25% сокращается установленная мощность привода.

С целью снижения энергоемкости процесса перемешивания и его интенсификации был разработан вибрационный лопастной смеситель [3] (рис. 2). Этот смеситель отличается от описанного выше смесителя тем, что дополнительно снабжен вибровозбудителем крутильных колебаний, выполненным в виде жестко закрепленного на выходном конце лопастного вала 4 двуплечего рычага 13, на котором на равном расстоянии от оси вращения лопастного вала смонтированы два дебалансных вибровозбудителя круговых колебаний 14 и 15, кинематически связанные точной передачей без проскальзывания в виде цепной передачи 16 с приводным двигателем 17, ось которого совмещена с осью лопастного вала, причем дебалансы 18 вибровозбудителя колебаний 14 установлены в противофазе к дебалансам 19 вибровозбудителя колебаний 15.

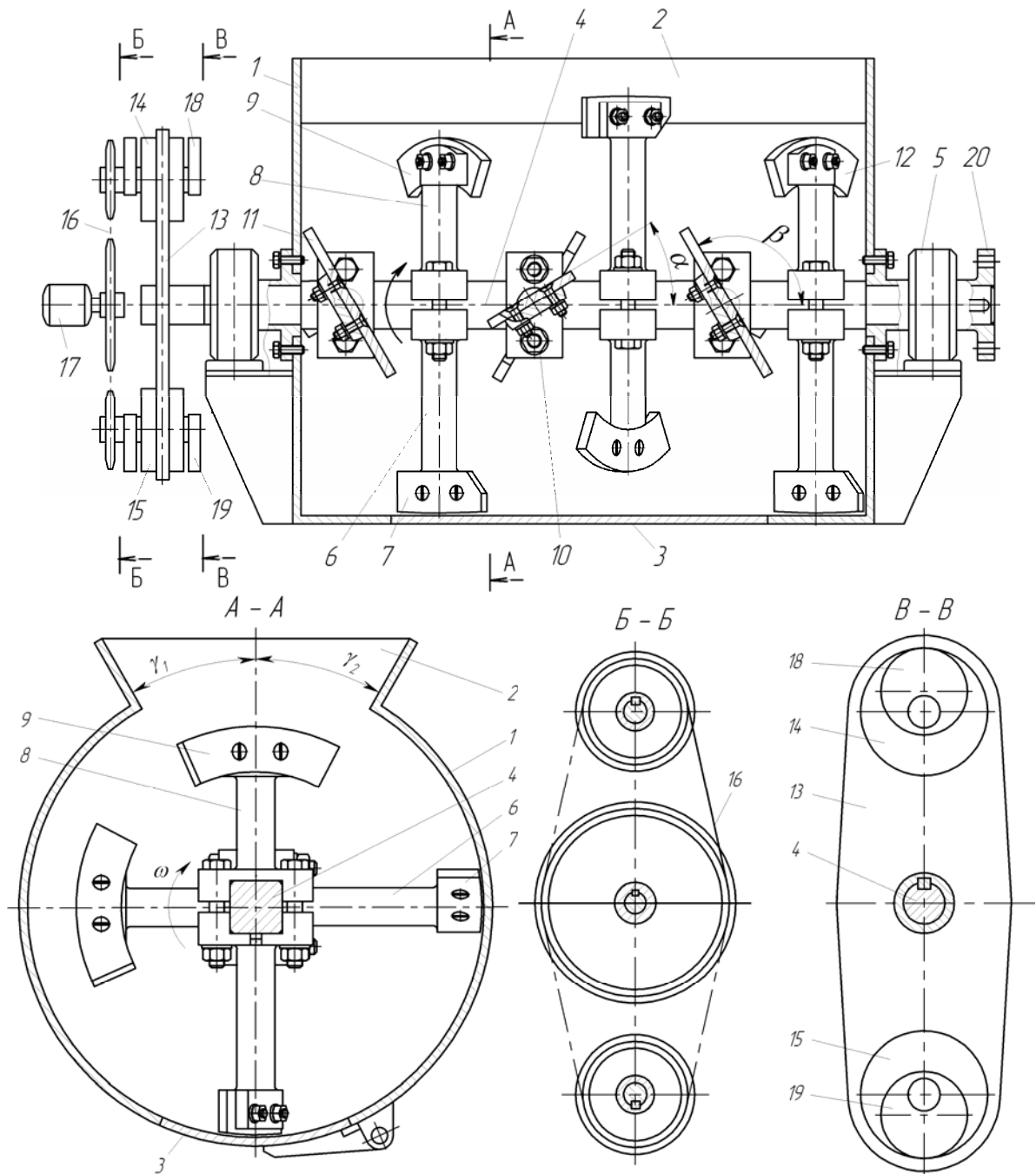


Рисунок 2 – Вибрационный бетоносмеситель принудительного действия с переменными формами лопастей:

- 1 – корпус смесителя; 2 – загрузочное отверстие; 3 – заслонка; 4 – центральный лопастной вал; 5 – подшипниковые опоры; 6, 8 – стойки; 7 – периферийные лопатки; 9 – внутренние лопатки; 10 – резьбовые соединения; 11, 12 – отбойные лопатки; 13 – двуплечий рычаг; 14, 15 – вибровозбудители круговых колебаний; 16 – цепная передача; 17 – электродвигатель; 18, 19 – дебалансы; 20 – полумуфта

Одновальный лопастной вибрационный смеситель работает следующим образом. Основной привод смесителя через полумуфту 20 вращает лопастной вал. Приводной двигатель 17 через точную передачу без проскальзывания 16 передает движение вибровозбудителям круговых

колебаний 14 и 15, которые сообщают лопастному валу крутильные (угловые) колебания. В результате лопастной вал испытывает сложное движение: вращается и одновременно совершает крутильные колебания. Под действием вибрационного воздействия со стороны вибрирующего лопастного вала минеральные частицы в цементобетонной смеси приобретают большую подвижность, увеличивается скорость их относительного движения, возрастает количество контактов, ускоряется процесс перетирания ингредиентов смеси. При этом интенсивно разрушаются агрегаты, состоящие из слипшихся частиц цемента, покрытых водной пленкой. Смесь становится более подвижной, ускоряется процесс обволакивания минеральных частиц вяжущим. В результате сокращается продолжительность перемешивания и образуется однородная качественная смесь. Применение вибрационного воздействия позволяет также снизить силы сопротивления на лопасти, возникающие при перемешивании смеси, и соответственно уменьшить мощность привода.

В первом приближении крутильные колебания лопастного вала можно описать следующим уравнением:

$$J \frac{d^2\psi}{dt^2} + (n + \xi_1 S_1 + \xi_2 S_2 + \xi_3 S_3 + \xi_4 S_4) \frac{d\psi}{dt} + k\psi = M \sin \omega t, \quad (1)$$

где ψ – угловое смещение лопастного вала; J – приведенный момент инерции лопастного вала; k – приведенный коэффициент крутильной жесткости упругого элемента соединительной муфты; n – приведенный коэффициент неупругого сопротивления соединительной муфты; ω – угловая частота вынужденных колебаний; $\xi_1, \xi_2, \xi_3, \xi_4$ – интегрированные удельные коэффициенты неупругого сопротивления лопаток (периферийных, внутренних и отбойных) и стоек при их взаимодействии с цементобетонной смесью; S_1, S_2, S_3, S_4 – площади проекций лопаток (периферийных, внутренних и отбойных) и стоек на фронтальную плоскость; M – амплитуда момента возмущающих сил, $M = 2Qr$; Q – амплитуда возмущающей силы одного дебаланса вибровозбудителя колебаний; r – расстояние от оси вращения лопастного вала до оси вращения вибровозбудителя колебаний.

Решение уравнения (1) для стационарных крутильных колебаний лопастного вала можно представить в следующем виде:

$$\psi = \psi_0 \sin(\omega t - \varphi); \quad (2)$$

где ψ_0 – амплитуда вынужденных крутильных колебаний лопастного вала; φ – угол сдвига фаз между амплитудой вынужденных крутильных колебаний лопастного вала и амплитудой момента возмущающих сил;

$$\psi_0 = M / \left[J \sqrt{(p^2 - \omega^2)^2 + 4\eta^2 \omega^2} \right]; \quad (3)$$

$$p = \sqrt{\frac{k}{J}}; \quad \eta = \frac{n + \xi_1 S_1 + \xi_2 S_2 + \xi_3 S_3 + \xi_4 S_4}{2J}; \quad \varphi = \arctg \frac{2\eta\omega}{p^2 - \omega^2}. \quad (4)$$

Используя выражение (2), определим законы движения рабочих поверхностей внутренних и периферийных лопаток, контактирующих с перемешиваемой цементобетонной смесью, в следующем виде:

$$u(r, t) = \Psi_0 r \sin(\omega t - \varphi) = A_0(r) \sin(\omega t - \varphi), \quad (5)$$

где $u(r, t)$ – перемещения, описывающие движения рабочих поверхностей внутренних и периферийных лопаток в зависимости от радиуса вращения r ; $A_0(r)$ – амплитуда колебаний внутренних и периферийных лопаток в зависимости от радиуса вращения r .

Полученные выражения (2 – 5) позволяют установить закон движения рабочих поверхностей внутренних и периферийных лопаток, взаимодействующих с цементобетонной смесью, и на основании заданных технологических режимов вибрационного воздействия на цементобетонную смесь, определить основные параметры предлагаемого вибрационного устройства.

Использование однолопастного вибрационного смесителя позволяет на 35 – 40% уменьшить мощность привода, на 20...30% сократить продолжительность перемешивания цементобетонной смеси и обеспечить получение качественной цементобетонной смеси. Наибольший эффект достигается в случае приготовления жестких и сверхжестких цементобетонных смесей.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Предложены новые конструкции однолопастных бетоносмесителей, имеющих переменную форму лопастей, обеспечивающих эффективное перемешивание цементобетонных смесей. В результате использования вибрационного воздействия в перемешиваемой цементобетонной смеси создаются дополнительные эффекты, интенсифицирующие процесс перемешивания и повышающие качество смеси, особенно в случае приготовления жестких и сверхжестких цементобетонных смесей. Предложенные бетоносмесители позволяют повысить производительность и уменьшить установленную мощность привода.

ЛИТЕРАТУРА

1. Деклараційний патент № 9899, Україна. Лопатевий змішувач / О.Г. Маслов, Ю.С. Саленко. – 2005, Бюл. № 10.
2. Деклараційний патент № 33781, Україна. Лопатевий змішувач примусової дії / О.Г. Маслов, Ю.С. Саленко. – 2008, Бюл. № 13.
3. Деклараційний патент № 33788, Україна. Однолопастний лопатевий вібраційний змішувач / О.Г. Маслов, Ю.С. Саленко. – 2008, Бюл. № 13.