

УДК 693.95(075.8)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОВАЛЬНОГО БЕТНОСМЕСИТЕЛЯ С НАКЛОННЫМИ ПЕРИФЕРИЙНЫМИ ЛОПАТКАМИ

Ю. С. Саленко, А. Г. Маслов

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, 39600, м. Кременчуг, Украина. E-mail: kmt@mail.ru

Описаны конструкция и принцип действия одновального лопастного бетоносмесителя. На центральном лопадном валу жестко закреплены центральные лопадки, и их рабочая поверхность расположена под углом $\alpha_2=60^\circ$ к оси вала. На концах центральных лопаток жестко закреплены периферийные лопадки, и их рабочая поверхность расположена под углом $\alpha_1=30^\circ$ к оси вала. При этом периферийные лопадки образуют прерывистую винтовую линию в прямом направлении, а центральные лопадки образуют прерывистую винтовую линию в обратном направлении. Определены основные конструктивные параметры бетоносмесителя с наклонными периферийными лопатками. Определена энергоёмкость процесса перемешивания бетонной смеси в зависимости от основных параметров смесителя, конструкции центральных и периферийных лопаток, угловой частоты вращения лопадного вала и консистенции бетонной смеси. Определены рациональные значения угловой частоты вращения лопадного вала и высоты периферийных лопаток.

Ключевые слова: смеситель, лопадки, бетонные смеси, энергоёмкость.

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОДНОВАЛЬНОГО БЕТНОЗМІШУВАЧА З ПОХИЛИМИ ПЕРИФЕРИЙНИМИ ЛОПАТКАМИ

Ю. С. Саленко, О. Г. Маслов

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: kmt@mail.ru

Описані конструкція і принцип дії одновального лопатевого бетонозмішувача. На центральному лопатевому валу жорстко закріплені центральні лопадки, та їх робоча поверхня розташована під кутом $\alpha_2=60^\circ$ до осі вала. На кінцях центральных лопаток жорстко закріплені периферійні лопадки, та їх робоча поверхня розташована під кутом $\alpha_1=30^\circ$ до осі вала. При цьому периферійні лопадки утворюють перервну гвинтову лінію в прямому напрямку, а центральні лопадки утворюють перервну гвинтову лінію у зворотному напрямку. Визначені основні конструктивні параметри бетонозмішувача з похилими периферійними лопатками. Визначена енергоємність процесу перемішування бетонної суміші залежно від основних параметрів змішувача, конструкції центральных і периферійних лопаток, кутовий частоти обертання лопатевого вала і консистенції бетонної суміші. Визначені раціональні значення кутовий частоти обертання лопатевого вала і висоти периферійних лопаток.

Ключові слова: змішувач, лопадки, бетонні суміші, енергоємність.

АКТУАЛЬНОСТЬ РОБОТЫ. Создание смесителей принудительного действия [1] для приготовления бетонных смесей, сочетающих в себе высокие показатели производительности и качества приготовляемой смеси с его простотой конструкции и сравнительно малыми значениями металлоёмкости и энергоёмкости, является важной народнохозяйственной задачей.

При разработке и проведении исследований установлено [2], что в процессе поворота наклонных лопаток от нулевого (горизонтального) положения до выхода в свободную зону коэффициент сопротивления бетонной смеси перемешиванию не остается постоянным, а изменяется по некоторому экспоненциальному закону в зависимости от угла поворота, геометрических размеров лопадки и корпуса смесителя, физико-механических характеристик бетонной смеси [3]. Переменный характер изменения сил сопротивления вызывает определенную трудность в определении основных параметров бетоносмесителя. Неправильное определение основных параметров смесителя может привести не только к увеличению мощности привода и перерасходу энергии на перемешивание, но и удлиняет продолжительность процесса перемешивания, усложняет конструкцию бетоносмесителя.

Цель работы – определение основных параметров одновального бетоносмесителя с наклонными лопатками от типа и физико-механических характеристик смеси и объема заполнения корпуса смесителя приготовляемой смесью.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. На рис. 1 представлен предлагаемый одновальный лопадной смеситель с наклонными периферийными лопатками. Одновальный лопадной смеситель включает корпус 1, внутри которого при помощи подшипниковых опор 2 и 3, вынесенных за пределы корпуса, установлен центральный лопадной вал 4. На центральном лопадном валу 4 жестко закреплены центральные лопадки 5 и их рабочая поверхность расположена под углом $\alpha_2=60^\circ$ к оси вала (рис. 1). На концах центральных лопаток 5 жестко закреплены периферийные лопадки 6 и их рабочая поверхность расположена под углом $\alpha_1=30^\circ$ к оси вала. Одновременно рабочие поверхности периферийных лопаток 6 наклонены вперед на угол $\gamma_1=26-30^\circ$ (рис. 1, вид Б). Центральные лопадки 5 также выполняют функцию стоек для периферийных лопаток 6. При этом периферийные лопадки образуют прерывистую винтовую линию в прямом направлении, а центральные лопадки образуют прерывистую винтовую линию в обратном направлении.

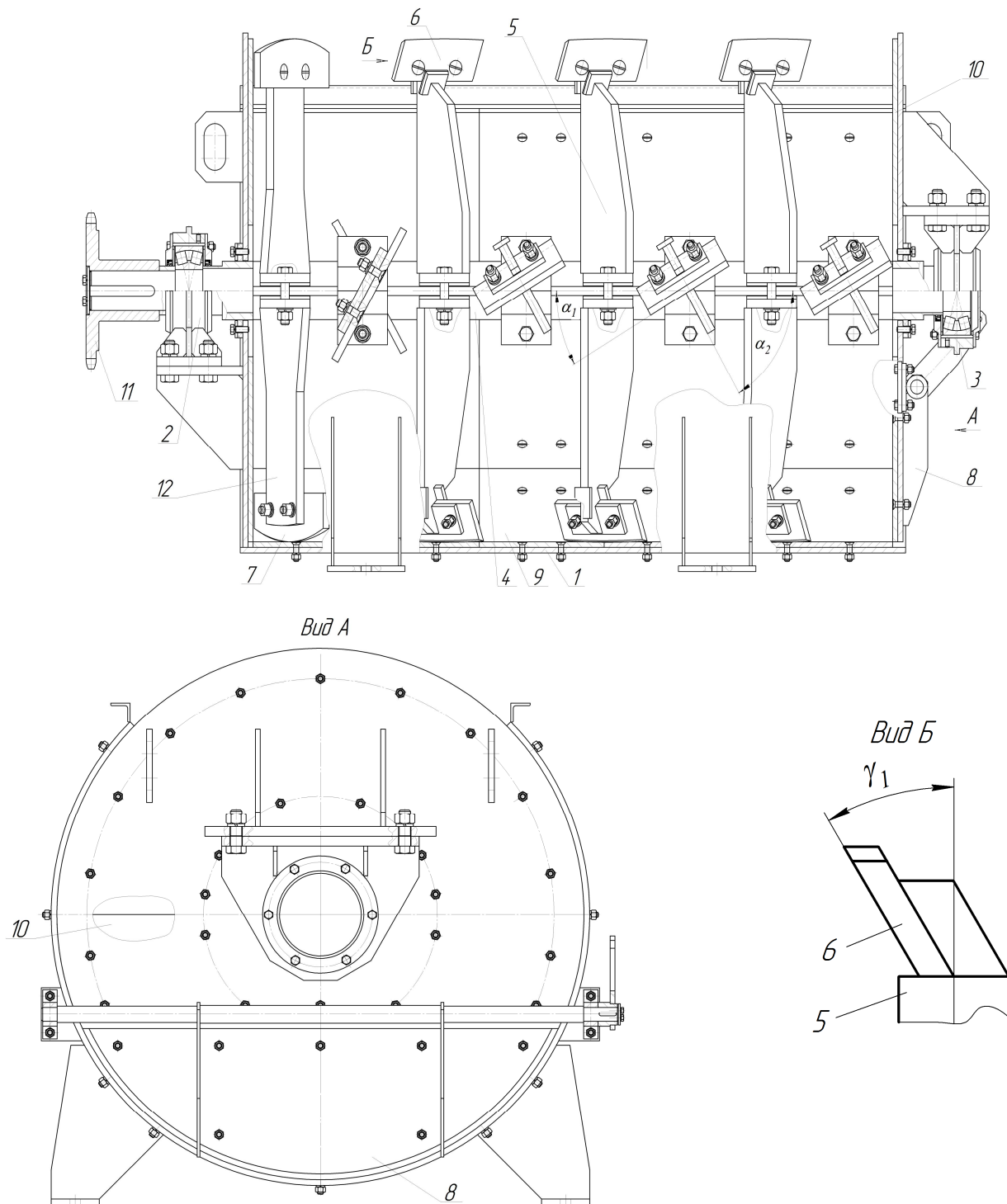


Рисунок 1 – Общій вид одновального бетономесителя принудительного действия с наклонными лопатками

У торца корпуса смесителя, противоположном торцу с зоной выгрузки, установлены отбойные лопасти 7. Заслонка 8 перекрывает выгрузочное отверстие. На обечайке и торцах корпуса смесителя закреплены бронелисты 9 и 10. Центральные 5 и периферийные 6 лопатки равномерно расположены по длине смесителя. Лопастной смеситель соединяется с приводом (на рисунке не показан) при помощи

полушфты 11. Лопастной смеситель работает следующим образом.

Включается привод смесителя и через загрузочное отверстие внутрь корпуса 1 подают предварительно отдозированные минеральные материалы (Щебень, песок и цемент), затем подают воду. При вращении вала по часовой стрелке лопасти интенсивно перемешивают смесь, одновременно переме-

щая ее по двум противоположно направленным потокам: в центральной части и по периферии.

Под действием центральных лопаток 5 смесь переводится во взвешенное состояние и образуется центральный поток, который перемещается в продольном направлении в сторону, противоположную зоне выгрузки, и одновременно закручивается вокруг продольной оси.

Под действием периферийных лопаток 6 образуется кольцевой периферийный поток, который вращается вокруг продольной оси и одновременно перемещается в продольном направлении к зоне выгрузки.

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. При предлагаемом диапазоне соотношения основных параметров достигается наиболее эффективная работа лопастного смесителя.

Закрепление центральных лопаток под углом $\alpha_2=60^\circ$ к оси вала является наиболее рациональным, так как при этих значениях угла во-первых, обеспечивается перевод смеси во взвешенное состояние и завихрение минеральных частиц, что способствует интенсивному перемешиванию и созданию необходимой скорости транспортирования центрального потока, а во-вторых, снижаются затраты энергии на перемешивание за счет уменьшения сил сопротивления смеси перемешиванию. Закрепление периферийных лопаток под углом $\alpha_1=30^\circ$ к оси вала и одновременный их наклон вперед, обеспечивает не только необходимую скорость транспортирования и достаточно интенсивное перемешивание кольцевого потока смеси, а и минимальные затраты энергии на перемешивание.

Использование отбойных лопаток 12, устраняет образование застойных зон в смесителе.

Процесс приготовления цементобетонной смеси разделен на три фазы: сухое перемешивание минеральных компонентов в течение 12–15 с; впрыск воды и полусухое перемешивание в течении 5–7 с и мокрое перемешивание в течении 20–25 с. Весь цикл перемешивания не превышает 45 с. При открывании заслонки 3 смесь выгружается в транспортное средство. Использование наклонных периферийных лопаток позволяет значительно уменьшить установленную мощность привода смесителя.

Мощность привода, затрачиваемой на перемешивание бетонной смеси, будем определять отдельно для периферийных и центральных лопаток.

На рис. 2 представлена схема взаимодействия периферийной лопатки с перемешиваемой смесью.

Величина элементарной силы сопротивления $dF_1(\varphi)$, действующей на выделенную элементарную площадку dr вращающейся в смеси периферийной лопатки (рис.2), может быть найдена из следующей зависимости:

$$dF_1(\varphi) = K_{s1}(\varphi)l_1 \cos \alpha_1 \cos \gamma_1 dr, \quad (1)$$

где $K_{s1}(\varphi)$ – коэффициент сопротивления бетонной смеси на наклонную периферийную лопатку, изменяющийся в зависимости от угла поворота лопастного вала φ ; l_1 – ширина периферийной лопатки; α_1 – угол наклона периферийной лопатки, $\alpha_1=30^\circ$.

Крутящий момент, который необходимо приложить к валу для преодоления сил сопротивления бетонной смеси, возникающих при вращении периферийной лопатки, определится из следующего выражения:

$$T_1(\varphi) = \int_{R_2}^{R_1} dF_1(\varphi)r = \int_{R_2}^{R_1} K_{s1}(\varphi)l_1 r \cos \alpha_1 \cos \gamma_1 dr = \\ = K_{s1}(\varphi)l_1 \cos \alpha_1 \cos \gamma_1 \frac{R_1^2 - R_2^2}{2}, \quad (2)$$

где R_1 и R_2 – расстояния от оси вращения лопастного вала до наружной и внутренней кромок наклонной периферийной лопатки (рис. 2).

Для определения величин R_1 , R_2 и уточнения высоты наклонной периферийной лопатки h рассмотрим расчетную схему, представленную на рис. 3. Из треугольника ВОС найдем:

$$R_2 = (R - c) \cos \gamma_1; \quad BC = (R - c) \sin \gamma_1, \quad (3)$$

где R – радиус обечайки корпуса смесителя; c – проекция высоты наклонной лопатки на радиус обечайки R .

Из треугольника ДОЕ следует:

$$DE = R \sin \alpha. \quad (4)$$

Из равенства $BC = DE$ найдем центральный угол α :

$$\alpha = \arcsin \frac{(R - c) \sin \gamma_1}{R}. \quad (5)$$

На основании полученного значения α определим из треугольника ДОЕ радиус вращения R_1 :

$$R_1 = R \cos \alpha. \quad (6)$$

Используя выражения (6) и (3), определим уточненную высоту наклонной периферийной лопатки:

$$h = R(\cos \alpha - \cos \gamma_1) + c \cdot \cos \gamma_1. \quad (7)$$

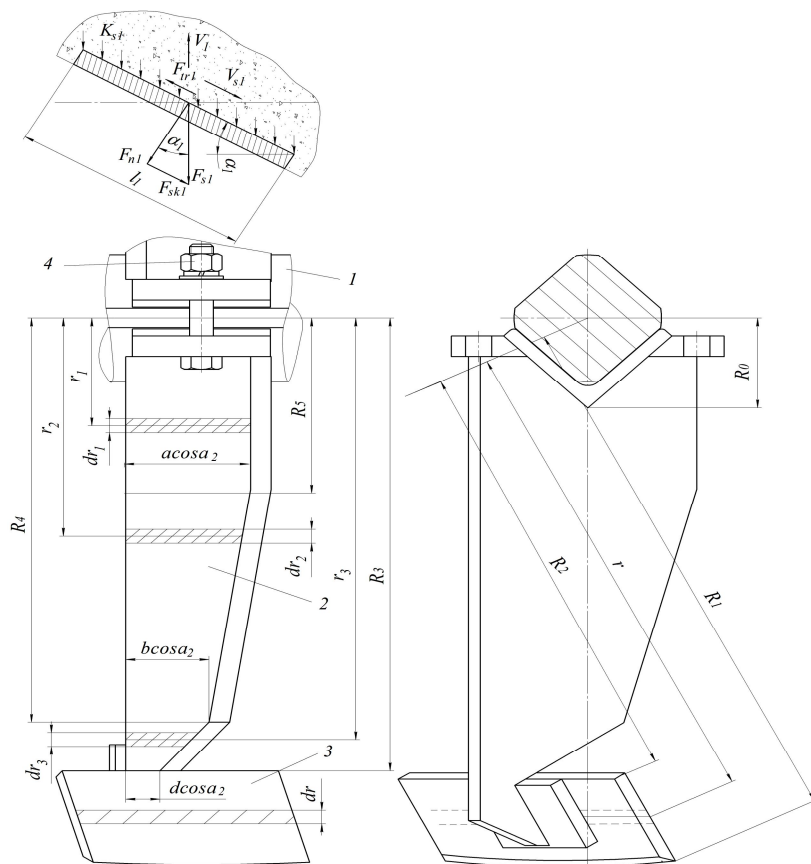


Рисунок 2 – Конструкція і схема взаємодії нахлонної периферійної лопатки з бетонною сметою: 1 – вал квадратного сечення; 2 - центральна лопатка; 3 – нахлонна периферійна лопатка; 4 – різьбове кріплення опозитних лопастей

Елементарна робота по преодолению крутящего момента сил лобового сопротивления $T_1(\varphi)$ периферийной наклонной лопаткой при повороте лопастного вала на элементарный угол $d\varphi$ будет равна

$$dW_1 = T_1(\varphi) \cdot d\varphi = K_{s1}(\varphi) l_1 \cos \alpha_1 \cos \gamma_1 \frac{R_1^2 - R_2^2}{2} d\varphi. \quad (8)$$

Используемый в зависимости (8) коэффициент сопротивления бетонной смеси на наклонную периферийную лопатку $K_{s1}(\varphi)$, определится из следующего выражения [3]:

$$K_{s1} = K_{s051} \cdot k_z^\mu \cdot e^{-\delta_1 \varphi^2} \left(1 + \frac{R - 0,5h}{R} \sin^2 k_1 \varphi\right). \quad (9)$$

где K_{s051} – коэффициент сопротивления перемешиванию смеси при горизонтальном положении центральной лопасти в момент входа периферийной лопатки в бетонную смесь при коэффициенте заполнения корпуса смесителя бетонной смесью $k_{zb0} = 0,5$, т.е. $K_{s051} = K_{s0}$ при $k_{zb0} = 0,5$ [3].

Тогда полная работа для преодоления сил лобового сопротивления периферийной лопаткой при ее перемещении на участке от $\varphi = 0$ до φ_k определится из следующего выражения:

$$W_1 = l_1 \cos \alpha_1 \cos \gamma_1 \frac{R_1^2 - R_2^2}{2} \int_0^{\varphi_k} K_{s1}(\varphi) d\varphi = K_{s051} \cdot k_z^\mu \cdot l_1 \cos \alpha_1 \cos \gamma_1 \frac{R_1^2 - R_2^2}{2} \times \int_0^{\varphi_k} e^{-\delta_1 \varphi^2} \left(1 + \frac{R - 0,5h}{R} \sin^2 k_1 \varphi\right) d\varphi. \quad (10)$$

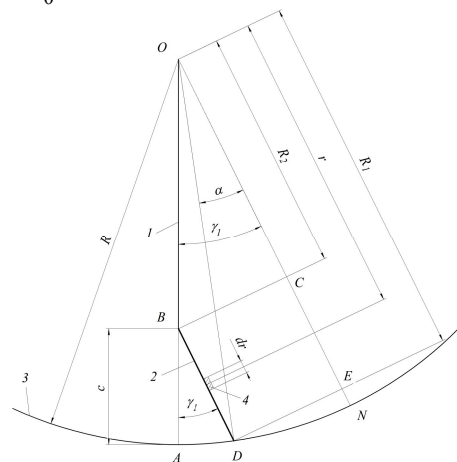


Рисунок 3 – расчетная схема для определения радиусов вращения R_1, R_2 и уточнения высоты нахлонной периферийной лопатки h : 1 – центральная лопатка; 2 – нахлонная периферийная лопатка; 3 – обечайка корпуса смесителя

Интегрируя полученное выражение (10), определим затраты энергии, необходимой для преодоления сил сопротивления бетонной смеси наклонной периферийной лопаткой:

$$W_1 = \frac{K_{s051} \cdot k_z^\mu (3R - 0,5h)(R_1^2 - R_2^2)}{4R} l_1 \cos \alpha_1 \cos \gamma_1 \times$$

$$\times \left[\varphi_k - \frac{\delta_1 \varphi_k^3}{1! \cdot 3} + \frac{\delta_1^2 \varphi_k^5}{2! \cdot 5} - \frac{\delta_1^3 \varphi_k^7}{3! \cdot 7} + \dots + (-1)^n \frac{\delta_1^n \varphi_k^{2n+1}}{n! (2m+1)} \right] -$$

$$- \frac{K_{s051} \cdot k_z^\mu (R - 0,5h)(R_1^2 - R_2^2)}{4R} l_1 \cos \alpha_1 \times$$

$$\times \cos \gamma_1 \left[\lambda - \lambda_1 + \lambda_2 - \lambda_3 + \dots + (-1)^n \lambda_n \right], \quad (11)$$

где $\lambda, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$ – определенные интегралы, полученные в работе [4].

Подставляя в выражение (11) значения R_1 (6), R_2 (3) и h (7) и ограничиваясь первыми четырьмя членами, стоящими в квадратных скобках, можно с достаточной степенью точности определить затраты энергии, необходимой на преодоление крутящего момента от сил лобового сопротивления бетонной смеси перемешиванию наклонной периферийной лопаткой при повороте лопастного вала от $\varphi = 0$ до φ_k .

С целью определения энергии, затрачиваемой на преодоление сил трения ядра уплотнения о корпус смесителя, возникающих при действии инерционных центробежных сил на ядро уплотнения перед наклонной периферийной лопаткой, рассмотрим расчетную схему 4.

Для определения центробежных сил инерции, действующих на ядро уплотнения NBC определим силу инерции ядра уплотнения ABC и вычтем из неё силу инерции ядра уплотнения, поперечным сечением которого является треугольник ANC (рис. 4).

Вычитаемый объём, поперечным сечением которого является треугольник ANC , при угле $\gamma_1 \leq 30^\circ$ с достаточной для инженерных расчетов точностью может быть заменен объёмом, поперечным сечением которого является прямоугольный треугольник MNC .

$$F_{in0} = F_{in1} + F_{in2} = \frac{4}{7} \rho_1 R^3 \omega^2 l_1 \cos \alpha_1 \sin \frac{\theta}{2} \times$$

$$\times \left[\cos^2 \frac{\theta}{2} \left(\cos^4 \frac{\theta}{2} + \sin^4 \frac{\theta}{2} \right) + \right.$$

$$\left. + 0,2 \left(2 \sin^4 \frac{\theta}{2} - \cos^4 \frac{\theta}{2} - 4 \right) + \frac{4}{15} \sin^2 \frac{\theta}{2} \right] + \quad (12)$$

$$+ \frac{1}{2} R^3 \omega^2 l_1 \rho_1 \sqrt{\frac{4}{9} + \left(ctg \theta - \frac{1}{3} tg \beta \right)^2} \cos \alpha_1 tg \beta \sin^3 \theta.$$

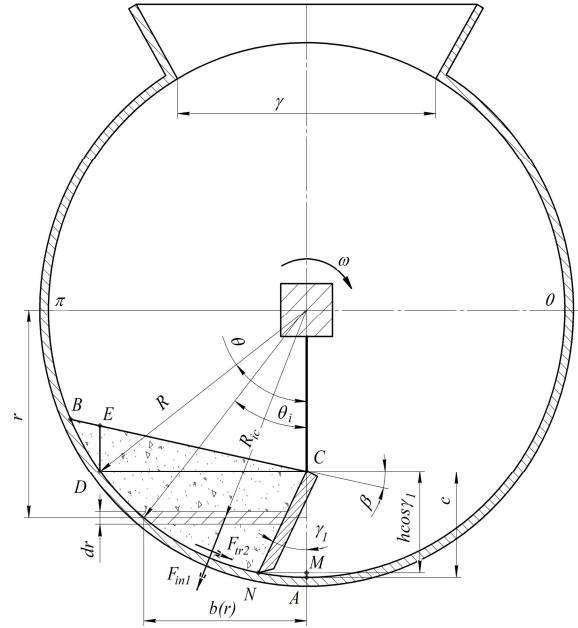


Рисунок 4 – Расчетная схема для определения сил трения от действия сил инерции на ядро уплотнения бетонной смеси, возникающего при перемещении наклонной периферийной лопатки

Используемый в выражении (12) и показанный на рис. 4 угол θ , определяется из следующей зависимости:

$$\theta = \arccos \frac{R - c}{R}. \quad (13)$$

Центробежная сила инерции массы вычитаемого объема бетонной смеси MNC , определим из следующего выражения:

$$F_{in01} = \frac{1}{4} h^2 \omega^2 l_1 \rho_1 \cos \alpha_1 \sin 2\gamma_1 \times$$

$$\times \sqrt{R^2 - \frac{2}{3} Rh \cos \gamma_1 + \frac{1}{9} h^2}. \quad (14)$$

Используя зависимости (12) и (14), определим работу, необходимую для преодоления сил трения ядра уплотнения об обечайку корпуса смесителя, вызванную действием сил инерции, т.е.

$$W_2 = (F_{in0} - F_{in01}) R f_1 \left(\frac{2}{3} \pi - \gamma \right). \quad (15)$$

Затрату энергии на сообщение вращательного движения ядра уплотнения бетонной смеси в свободной зоне перемешивания определим из следующего выражения:

$$W_3 = \rho_1 R^4 l_1 \omega^2 \cos \alpha_1 \frac{\pi + \gamma}{8\pi} \left\{ \frac{2 \sin 2\theta + 0,75 \sin 4\theta - 7\theta}{32} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{2} \left[\frac{4}{9} + \left(ctg \theta - \frac{1}{3} tg \beta \right)^2 \right] tg \beta \sin^4 \theta \right\} - \quad (16)$$

$$- \frac{1}{8} h^2 \omega^2 l_1 \rho_1 \left(R^2 - \frac{2}{3} Rh \cos \gamma_1 + \frac{1}{9} h^2 \right) \cos \alpha_1 \sin 2\gamma_1.$$

На рис. 2 показана центральная лопатка 2 сложной конструкции, состоящая из трех участков:

от радиуса R_0 до радиуса R_5 , от R_5 до R_4 , от R_4 до R_3 .

Величину элементарной силы сопротивления $dF_{21}(\varphi)$, действующей на выделенную элементарную площадку dr_1 вращающейся в смеси центральной лопатки на участке от радиуса R_0 до радиуса R_5 , (рис.2), можно найти из следующего выражения:

$$dF_{21}(\varphi) = K_{s2}(\varphi) a \cos \alpha_2 dr_1, \quad (17)$$

где $K_{s2}(\varphi)$ – коэффициент сопротивления бетонной смеси на центральную лопатку, изменяющийся в зависимости от угла поворота лопастного вала φ ; α_2 – угол наклона центральной лопатки.

Величина элементарной силы сопротивления $dF_{22}(\varphi)$, действующая на выделенную элементарную площадку dr_2 центральной лопатки на участке от радиуса R_5 до радиуса R_4 , (рис.2), будет равна:

$$dF_{22}(\varphi) = K_{s2}(\varphi) \left[a - \frac{(a-b)(r_2 - R_5)}{R_4 - R_5} \right] \cos \alpha_2 dr_2, \quad (18)$$

где r_2 – радиус от оси вращения лопастного вала до выделенной элементарной площадки на центральной лопатке (рис.2).

Величину элементарной силы сопротивления $dF_{23}(\varphi)$, действующую на выделенную элементарную площадку dr_3 центральной лопатки на участке от радиуса R_4 до радиуса R_3 , (рис.2), найдем из следующей зависимости:

$$dF_{23}(\varphi) = K_{s2}(\varphi) \left[b - \frac{(b-d)(r_3 - R_4)}{R_3 - R_4} \right] \cos \alpha_2 dr_3, \quad (19)$$

где r_3 – радиус от оси вращения лопастного вала до выделенной элементарной площадки на центральной лопатке (рис. 2).

Используя зависимости (17) – (19), определим крутящий момент, который необходимо приложить к лопастному валу для преодоления сил сопротивления, возникающих при вращении центральной лопатки, т.е.

$$\begin{aligned} T_2(\varphi) &= \int_{R_0}^{R_5} dF_{21}(\varphi)r_1 + \int_{R_5}^{R_4} dF_{22}(\varphi)r_2 + \int_{R_4}^{R_3} dF_{23}(\varphi)r_3 = \\ &= K_{s2}(\varphi) \cos \alpha_2 \left[a \frac{R_5^2 - R_0^2}{2} + \right. \\ &+ \frac{R_5 R_4 (a-b) + R_4^2 (a+2b) - R_5^2 (2a+b)}{6} + \\ &+ \left. \frac{R_4 R_3 (b-d) + R_3^2 (b+2d) - R_4^2 (2b+d)}{6} \right]. \quad (20) \end{aligned}$$

Используемый в зависимости (20) коэффициент сопротивления бетонной смеси на центральную

лопатку $K_{s2}(\varphi)$ определится из выражения:

$$K_{s2} = K_{s052} k_z^\mu e^{-\delta_1 \varphi^2} \left(1 + \frac{R_3 - 0,5h_1}{R} \sin^2 k_1 \varphi \right). \quad (21)$$

где K_{s052} – коэффициент сопротивления перемешиванию смеси при горизонтальном положении центральной лопатки при коэффициенте заполнения корпуса смесителя бетонной смесью $k_{zb0} = 0,5$, т.е. $K_{s052} = K_{s0}$ при $k_{zb0} = 0,5$ []; h_1 – общая высота центральной лопатки, $h_1 = R_3 - R_0$.

Работа для преодоления сил лобового сопротивления центральной лопаткой при ее перемещении на участке от $\varphi = 0$ до φ_k определится из следующего выражения:

$$W_4 = \int_0^{\varphi_k} T_2(\varphi) \cdot d\varphi. \quad (22)$$

Подставляя в формулу (22) зависимости (3.20) и (21) и интегрируя полученное выражение, определим необходимую работу привода для преодоления сил лобового сопротивления центральной лопаткой при перемешивании смеси на участке от $\varphi = 0$ до φ_k :

$$\begin{aligned} W_4 &= \frac{K_{s052} \cdot k_z^\mu}{2R_3} \cos \alpha_2 \times \\ &\times \left[a \frac{R_5^2 - R_0^2}{2} + \frac{R_5 R_4 (a-b) + R_4^2 (a+2b) - R_5^2 (2a+b)}{6} + \right. \\ &+ \left. \frac{R_4 R_3 (b-d) + R_3^2 (b+2d) - R_4^2 (2b+d)}{6} \right] \times \\ &\times \left\{ (3R_3 - 0,5h_1) \left[\varphi_k - \frac{\delta_1 \varphi_k^3}{1! \cdot 3} + \right. \right. \\ &+ \left. \frac{\delta_1^2 \varphi_k^5}{2! \cdot 5} - \frac{\delta_1^3 \varphi_k^7}{3! \cdot 7} + \dots + (-1)^n \frac{\delta_1^n \varphi_k^{2n+1}}{n!(2n+1)} \right] - \\ &- (R_3 - 0,5h_1) \left[\lambda - \lambda_1 + \lambda_2 - \lambda_3 + \dots + (-1)^n \lambda_n \right] \left. \right\}. \quad (23) \end{aligned}$$

Полная энергия, затрачиваемая на перемешивание смеси всеми лопастями смесителя за один оборот лопастного вала, будет равна

$$\sum W = z \cdot (W_1 + W_2 + W_3 + W_4), \quad (24)$$

где z – количество лопастей в смесителе, снабженных периферийными и центральными лопатками;

На основании зависимости (24) определим расчетную мощность электродвигателя привода бетоносмесителя,

$$P = \zeta_r \frac{\sum W \omega}{2\pi \eta}, \quad (25)$$

где η – коэффициент полезного действия привода; ζ_r – коэффициент учитывающий затраты

енергии на дробление материала в процессе перемешивания и его заклинивание, $\zeta_r = 1,02 - 1,05$.

Для определения рациональной угловой скорости вращения лопастного вала рассмотрим действие на частицу смеси, расположенную на периферии наклонной лопатки в момент её выхода в свободную зону перемешивания (рис.5, а).

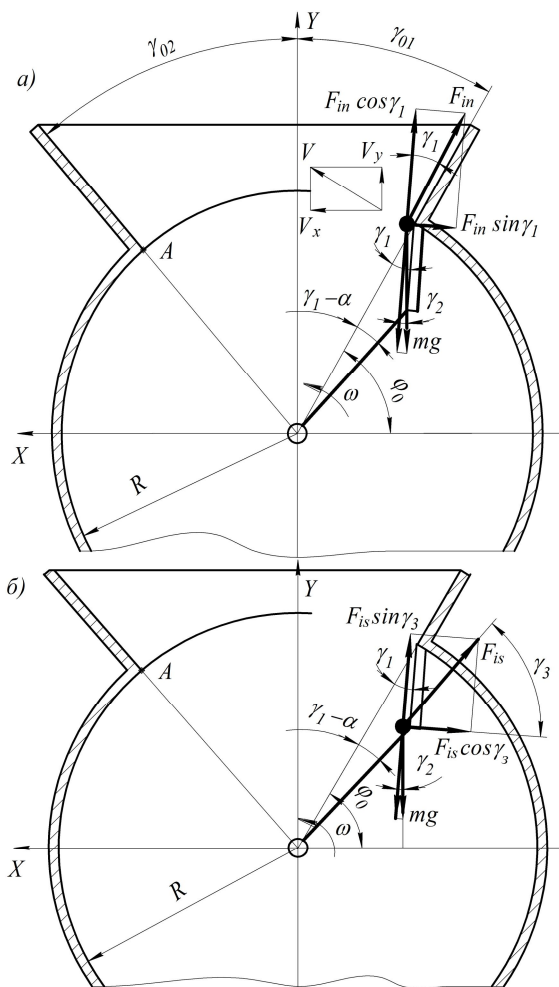


Рисунок 5 – Расчетная схема для определения угловой скорости вращения лопастного вала бетоносмесителя принудительного действия с наклонными лопатками

Для удержания частицы на периферии наклонной лопатки необходимо выполнить условие, при котором составляющая инерционной силы не должна превышать сумму сил трения и составляющей силы тяжести, действующих на частицу смеси и направленных вдоль наклонной лопатки, т.е.

$$F_{in} \cos \gamma_1 - F_{in} f_1 \sin \gamma_1 - mg \cos \gamma_2 - mg f_1 \sin \gamma_2 \leq 0, \quad (26)$$

где m – масса частицы минерального материала; ω – угловая скорость вращения лопастного вала; F_{in} – сила инерции, действующая на частицу, находящуюся периферии наклонной лопатки,

$$F_{in} = m\omega^2 R. \quad (27)$$

Подставим выражение (27) в условие (26) и из полученной зависимости определим в первом приближении рациональную угловую скорость вращения лопастного вала, т.е.

$$\omega \leq \sqrt{\frac{g(\cos \gamma_2 + f_1 \sin \gamma_2)}{R(\cos \gamma_1 - f_1 \sin \gamma_1)}}. \quad (28)$$

Для уточнения высоты периферийной лопатки рассмотрим действие всех сил на минеральную частицу, расположенную у внутреннего торца периферийной лопатки (рис. 5, б). При этом должно быть выполнено условие, при котором составляющая силы тяжести не должна превышать силу инерции и суммарную силу трения, действующих на минеральную частицу вдоль периферийной лопатки, т.е.

$$F_{is} \sin \gamma_3 + F_{is} f_1 \cos \gamma_3 + mg f_1 \sin \gamma_2 - mg \cos \gamma_2 \geq 0, \quad (29)$$

где F_{is} – сила инерции, действующая на частицу, расположенную у внутреннего торца периферийной лопатки,

$$F_{is} = m\omega^2 (R - c); \quad (30)$$

c – проекция высоты наклонной лопатки на радиус обечайки R (рис. 3); γ_3 – угол между направлением инерционной силы и плоскостью периферийной лопатки (рис. 5, б),

$$\gamma_3 = 90^\circ + \gamma_1 - \varphi_0 - \alpha - \gamma_2. \quad (31)$$

Подставляя в условие (29) выражение (30), получим зависимость

$$m\omega^2 (R - c) \sin \gamma_3 + m\omega^2 (R - c) f_1 \cos \gamma_3 + mg f_1 \sin \gamma_2 - mg \cos \gamma_2 \geq 0, \quad (32)$$

из которой в первом приближении определим проекцию высоты наклонной лопатки на радиус обечайки, т.е.

$$c \leq R - \frac{g(\cos \gamma_2 - f_1 \sin \gamma_2)}{\omega^2 (\sin \gamma_3 + f_1 \cos \gamma_3)}. \quad (33)$$

Подставляя выражение (33) в уравнение (7), получим зависимость для определения высоты наклонной лопатки:

$$h = R \cos \alpha - \frac{g(\cos \gamma_2 - f_1 \sin \gamma_2)}{\omega^2 (\sin \gamma_3 + f_1 \cos \gamma_3)} \cos \gamma_1. \quad (34)$$

На основании проведенных исследований было установлено, что для выбора рациональной высоты периферийной лопатки целесообразно в полученную формулу (34) ввести поправочный коэффициент. Тогда

$$h = (0,9 - 1,0) \left[R \cos \alpha - \frac{g(\cos \gamma_2 - f_1 \sin \gamma_2)}{\omega^2 (\sin \gamma_3 + f_1 \cos \gamma_3)} \cos \gamma_1 \right].$$

В результате проведенных теоретических исследований определены основные рациональные параметры бетоносмесителя с наклонными лопатками.

Предложенный принцип создания рабочих перемешивающих органов с наклонными лопатками может быть использован в конструкциях бетоносмесителей периодического и непрерывного действия. В соответствии с проведенными исследованиями был разработан бетоносмеситель периодического действия с объемом по загрузке 1000 л и бетоносмеситель непрерывного действия производительностью $80 \dots 100 \text{ м}^3 / \text{ч}$. Разработанные бетоносмесители могут использоваться как для приготовления жестких, так и пластичных бетонных смесей. Предложенный бетоносмеситель позволяет, повысить производительность, уменьшить металлоемкость и установленную мощность привода.

Использование наклонных лопастей не только уменьшает силы сопротивления перемешивания, но и обеспечивает износ обечайки корпуса смесителя за счет уменьшения действия на неё сил давления.

1. Саленко Ю.С. Разработка одновальных бетоносмесителей принудительного действия // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. Вип. 5/2009 (58), част. 1. – Кременчук: КДПУ, 2009. – С. 79–83.

2. Маслов А.Г., Саленко Ю.С. Определение коэффициента сопротивления перемешиванию бетонной смеси в смесителе принудительного действия // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Вип. 3/2011 (68), част. 1. – Кременчук: КрНУ, 2011. – С. 96–101.

3. Маслов А.Г., Саленко Ю.С. Определение коэффициента сопротивления на наклонную лопатку бетоносмесителя принудительного действия // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Вип. 4/2011 (69), част. 1. – Кременчук: КрНУ, 2011. – С. 101–106.

4. Саленко Ю.С. Определение энергоёмкости процесса приготовления бетонных смесей в смесителях принудительного действия // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Вип. 2/2012 (73), част. 1. – Кременчук: КрНУ, 2011. – С. 116–120.

ЛИТЕРАТУРА

DETERMINATION OF KEY PARAMETERS OF SINGLE-SHAFT TILT-BLADE CONCRETE MIXERS

Yu. Salenko, A. Maslov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: kmto@mail.ru

The authors have considered construction and operational principle of the single-shaft concrete mixer, which has central blades rigidly fast to the central shaft and the blades' pressure faces are inclined at angles $\alpha_2 = 60^\circ$ to the shaft. The peripheral blades, the pressure faces of which are inclined at angles $\alpha_2 = 30^\circ$ to the shaft, are fast to the ends of the central blades rigidly. Thus, the peripheral blades form a backward dashed helix. The key construction parameters of a concrete mixer with tilted peripheral blades are described. The power requirements of concrete admixture procedure depending on the key parameters of the mixture, design of its central and peripheral blades, angular frequency of the blade shaft revolution and the concrete consistence were also determined by the authors, as well as the rational values of angular frequency of the blade shaft revolution and height of the peripheral blades.

Key words: mixer, blades, concrete mixes, power intensity.

REFERENCES

1. Salenko, Yu. "Development of compulsory one-shaft mixers" (2009), *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi State Polytechnic University*, iss. 5(59), part 1, pp. 79–83.

2. Maslov, A., Salenko, Yu. (2011), "Determination of the resistance coefficient of concrete mixing of compulsory mixers", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, iss.3 (68), part 1, pp. 96–101.

3. Maslov, A., Salenko, Yu. (2011), "Determination of the resistance coefficient of a tilt-blade concrete

compulsory mixer", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, iss. 4 (69), part 1, pp. 101–106.

4. Salenko, Yu. (2012), "Determination of energy intensity of the tilt-blade agitation of mixtures in a compulsory mixer", *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University*, iss. 2 (73), pp. 116–120.

Стаття надійшла 04.04.2013.