

УДК 693.95(075.8)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ОДНОВАЛЬНОГО
БЕТНОСМЕСИТЕЛЯ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ
С ПЕРЕМЕННЫМИ ФОРМАМИ ЛОПАСТЕЙ**

*Маслов А.Г., д.т.н., проф., Саленко Ю.С., к.т.н., доц.
Кременчугский государственный политехнический университет
имени Михаила Остроградского
39614, г.Кременчуг, ул.Первомайская, 20
E-mail: kmt0@polytech.poltava.ua*

Описана конструкція, визначені сили опору перемішуванню і потужність приводу одновального бетонозмішувача примусової дії.

Ключові слова: сили опору, потужність приводу, бетонозмішувач

A construction is described, resistance forces are definite to interfusion and power of drive of mixer of concrete of forced action with one billow.

Key words: resistance forces, drive power, concrete mixer

Введение. 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.

Анализ предшествующих исследований. Для определения сил сопротивления перемешиванию и мощности привода бетоносмесителей принудительного действия обычно используют полуэмпирические методы расчета [1], которые дают удовлетворительные результаты при разработке известных аналогов и не обеспечивают высокой точности при разработке принципиально новых конструкций бетоносмесителей.

При расчете сил сопротивления перемешиванию и мощности привода смесителей принудительного действия предполагают, что в процессе движения бетонная смесь ведет себя как однородная вязкая жидкость [1], а лопатка полностью или частично погружена в бетонную смесь. Такое предположение справедливо для роторных и турбинных бетоносмесителей принудительного действия. В работах [2, 3] предложены методы расчетов сил сопротивления и мощности привода одновальных бетоносмесителей принудительного действия [4] с постоянными формами лопастей, у которых транспортирование бетонной смеси в процессе перемешивания осуществляется одновременно двумя противоположно направленными потоками (по периферии корпуса и в его центральной части). Однако силы сопротивления, возникающие в процессе перемешивания смеси в одновальных бетоносмесителях принудительного действия с переменными формами лопастей, существенно отличаются от сил сопротивления, возникающих в одновальных бетоносмесителях [4]. Поэтому существующие методы расчетов сил сопротивления и мощности привода одновальных бетоно-

смесителей с переменными формами лопастей требуют дальнейшего уточнения.

Цель работы. Определение сил сопротивления перемешиванию и мощности привода бетоносмесителей принудительного действия с переменными формами лопастей на основе изучения процесса взаимодействия лопаток и стоек бетоносмесителя с приготовляемой цементобетонной смесью.

Материал и результаты исследований.

На рис. 1 и 2 представлен предлагаемый одновальный лопастной смеситель с переменными формами лопастей. 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 $0,65 \dots 0,85$ наружного радиуса вращения периферийных лопаток. Периферийные и внутренние лопасти попарно заблокированы, имеют одну систему крепления при помощи резьбовых соединений 12 и развернуты относительно оси вращения одна от другой на угол 180° , при этом рабочие поверхности периферийных лопаток наклонены под углом $a = 30 \dots 40^\circ$ к плоскости, параллельной оси вала, и образуют прерывистую винтовую линию в прямом направлении, а рабочие поверхности внутренних лопаток наклонены под углом $b = 120 \dots 130^\circ$ 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° . Каждая внутренняя лопатка может быть выполнена в виде части кольца или в виде части винтовой линии. Лопаст-

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

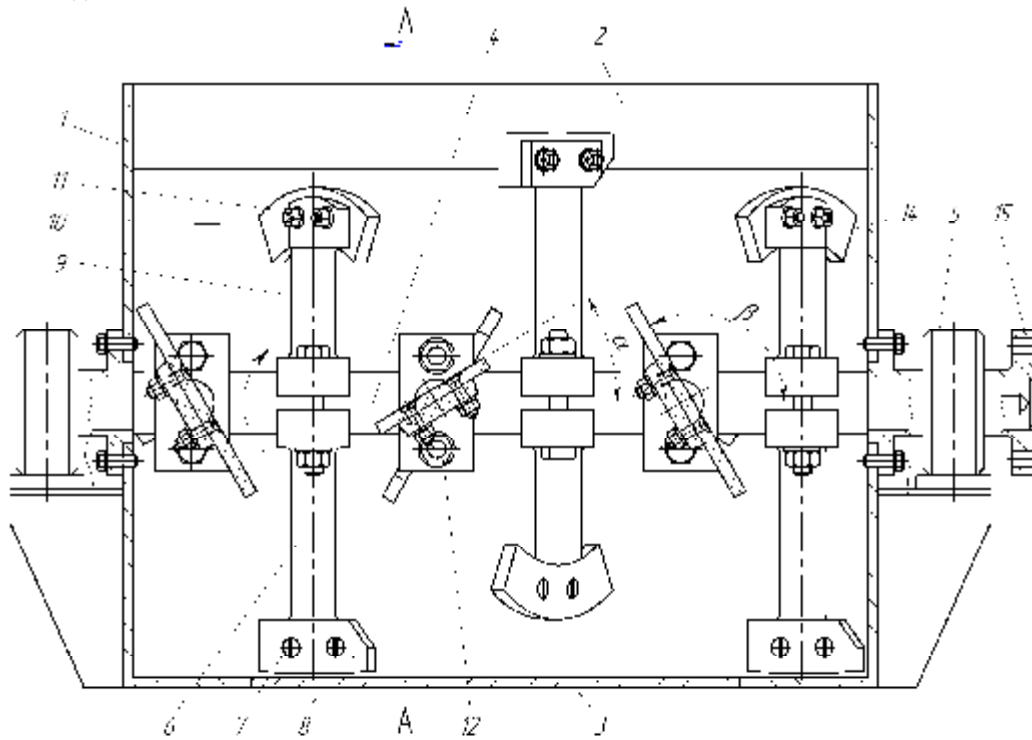


Рисунок 1 – Общий вид бетоносмесителя

Предлагаемый смеситель работает следующим образом.

Включают 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 α_1 и α_2 , кольцевой периферийный поток переводится во взвешенное (кипящее) состояние. После окончания процесса перемешивания от-

крывается заслонка 3 и смесь выгружается в транспортное средство.

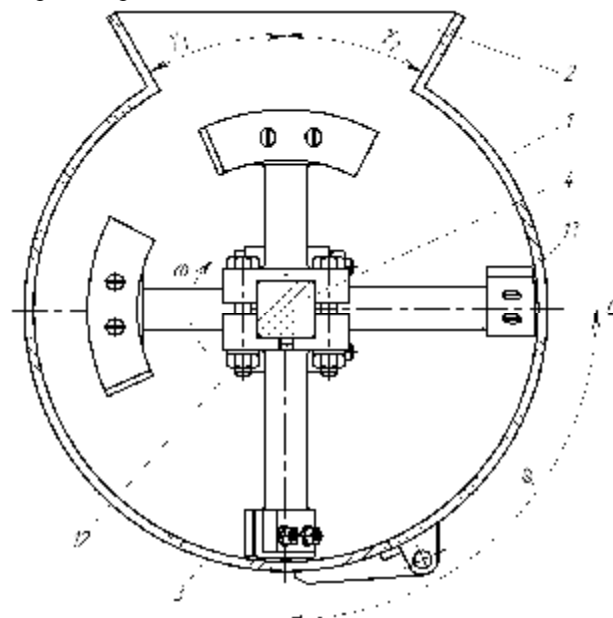


Рисунок 2 – Разрез А – А на рисунке 1

Установлено, что в процессе работы перед лопатками образуется ядро уплотнения [2, 3] в виде клина, формы и геометрические размеры которого определены в работе [2].

Для определения давления, действующего на внутренние и периферийные лопатки в направлении их движения со скоростью V , в работах [2, 3] использовалась преобразованная формула Ньютона:

$$q = crV^2, \quad (1)$$

где q - давление смеси на лопатку в направлении ее движения, Н/м²; r - плотность смеси, кг/м³; V - скорость поступательного движения лопатки, м/с; c - коэффициент сопротивления движению лопатки в цементобетонной смеси в направлении движения смеси.

В формуле (1) коэффициент сопротивления c принимался в виде постоянной величины для определенного состава и консистенции цементобетонной смеси без учета основных параметров смесителя.

В процессе поисковых теоретических и экспериментальных исследований нами 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. Коэффициент лобового сопротивления движению лопаток в смеси можно выразить в виде следующей функции:

$$c = f(x, j), \quad (2)$$

параметры которой определяются в зависимости от геометрических размеров и типов лопаток, области их взаимодействия с цементобетонной смесью и сцепления между частицами смеси.

На этом основании последовательно определим энергию, затрачиваемую на перемешивание смеси вначале периферийными лопастями, а затем и внутренними лопастями.

В первом приближении коэффициент лобового сопротивления для периферийных лопаток может быть выражен следующей зависимостью:

$$c = c_0 \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_1}{r_0} I\right), \quad (3)$$

где c_0 - коэффициент лобового сопротивления смеси при вхождение лопатки в соприкосновение с плотным слоем смеси, образуемым после прохождения и падения смеси в свободной зоне перемешивания, т.е. при $j = 0$ (рис.3); j_0 - величина центрального угла, на котором лопатка испытывает лобовое сопротивление; r_0 - радиус цилиндрической поверхности корпуса смесителя; j - угол поворота лопатки от нулевого значения; x_1 - координата от оси вращения лопастного вала до рассматриваемой поверхности на лопатке; m - коэффициент, учитывающий деформационную способность цементобетонной смеси; I - экспериментальный коэффициент.

На основании выражения (3) формула (1) преобразуется к следующему виду:

$$q = c_0 r V^2 \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_1}{r_0} I\right). \quad (4)$$

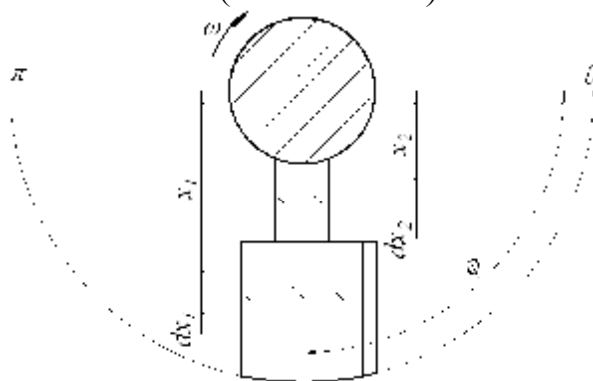


Рисунок 3 – Расчетная схема лопасти смесителя

Определим мощность для перемешивания смеси периферийной лопаткой, состоящей из нескольких величин: мощности, требуемой на преодоление сил сопротивления перемещению лопатки по окружности, сил трения бетонной смеси о корпус смесителя от действия инерционных сил и сил тяжести, сил внутреннего трения от действия столба бетонной смеси на ядро уплотнения, а также на преодоление сил тяжести ядра уплотнения.

Так как окружная скорость лопатки V имеет переменную величину и зависит от радиуса вращения, то выделим элементарную площадку (рис. 3) и определим элементарную силу сопротивления:

$$dF_1 = qdS = c_0 r V_x^2 \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_1}{r_0} I\right) dS, \quad (5)$$

где dS - площадь элементарной площадки, $dS = b_1 \cos \alpha_1 \cdot dx_1$; b_1 - ширина периферийной лопатки; α_1 - угол наклона рабочей поверхности периферийной лопатки к плоскости, параллельной оси вала (рис. 1); V_x - окружная скорость выделенной элементарной площадки, $V_x = \omega x_1$.

Подставляя в выражение (5) значения dS и V_x получим:

$$dF_1 = c_0 r \omega^2 b_1 \cos \alpha_1 \times \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_1}{r_0} I\right) x_1^2 dx_1. \quad (6)$$

Элементарная работа по преодолению элементарной силы лобового сопротивления dF_1 на элементарном участке вращения (элементарной дуге) $dl_1 = x_1 \cdot dj$ будет равна:

$$dW_{11} = dF_1 \cdot dl_1 = c_0 r \omega^2 b_1 \cos \alpha_1 \times \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_1}{r_0} I\right) x_1^3 dx_1 dj. \quad (7)$$

За один оборот лопастного вала каждая периферийная лопатка испытывает лобовое сопротивление на участке, определяемым углом j , т.е в диапазоне от $j = 0$ до $j = 1,5p - g_1$ (рис. 2).

Тогда полная работа для преодоления сил лобового сопротивления периферийной лопаткой при ее перемещении на участке от $j = 0$ до $j = 1,5p - g_1$ будет равна

$$W_{11} = c_0 r w^2 b_1 \cos a_1 \times \int_{r_1}^{r_0} \int_0^{1,5p-g_1} \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_1}{r_0} l\right) x_1^3 dx_1 dj. \quad (8)$$

Вычисляя двойной интеграл (8), получим:

$$W_{11} = c_0 r w^2 b_1 \cos a_1 \times \int_{r_1}^{r_0} \left[\int_0^{1,5p-g_1} \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_1}{r_0} l\right) x_1^3 dj \right] dx_1 = \frac{c_0 r w^2 b_1 \cos a_1 \{1 - \exp[-m(1,5p - g_1)]\}}{m} \times \left\{ 1 - \exp\left[-\left(1 - \frac{r_1}{r_0}\right) l\right] \left[\frac{r_0}{l} (r_0^3 - r_1^3) - \frac{3r_0^2}{l^2} (r_0^2 - r_1^2) + \frac{6r_0^3}{l^3} (r_0 - r_1) - \frac{6r_0^4}{l^4} \right] \right\}. \quad (9)$$

Элементарная инерционная (центробежная) сила, возникающая при вращении ядра уплотнения цементобетонной смеси [3], будет равна:

$$dF_2 = dm w^2 x = S_1 dx r w^2 x, \quad (10)$$

где S_1 - площадь ядра уплотнения [2].

Полная сила инерции

$$F_2 = S_1 r w^2 \int_{r_1}^{r_0} x dx = \frac{S_1 r w^2 (r_0^2 - r_1^2)}{2}. \quad (11)$$

Сила трения между ядром уплотнения и корпусом смесителя, возникающая от действия силы инерции F_2 :

$$F_{mp1} = F_2 f_1 = \frac{S_1 r w^2 (r_0^2 - r_1^2) f_1}{2}, \quad (12)$$

где f_1 - коэффициент трения бетонной смеси по стали.

Работа, требуемая для преодоления силы трения F_{mp1} :

$$W_{12} = F_{mp1} r_0 \int_0^{1,5p-g_1} dj = \frac{S_1 r w^2 r_0 (r_0^2 - r_1^2) (1,5p - g_1) f_1}{4}. \quad (13)$$

Сила трения между ядром уплотнения и корпусом смесителя, возникающая от действия силы тя-

жести ядра уплотнения и столба бетонной смеси, находящегося над ядром уплотнения, будет равна:

$$F_{mp2} = G_1 f_1 = S_1 r_0 r \cdot g \sin^2 j \cdot f_1, \quad (14)$$

где G_1 - сила тяжести ядра уплотнения и столба бетонной смеси, находящегося над ядром уплотнения.

Работа, требуемая для преодоления силы трения F_{mp2} :

$$W_{13} = F_{mp2} r_0 \int_0^p dj = S_1 r_0^2 r \cdot g \cdot f_1 \int_0^p \sin^2 j \cdot dj = \frac{S_1 r_0^2 r \cdot g \cdot f_1 p}{2}. \quad (15)$$

Сила внутреннего трения между ядром уплотнения и столбом бетонной смеси, находящегося над ядром уплотнения, будет равна:

$$F_{mp3} = G_2 f_2 = S_1 r_1 r \cdot g \sin^2 j \cdot f_2, \quad (16)$$

где G_2 - сила тяжести столба бетонной смеси, находящегося над ядром уплотнения; f_2 - коэффициент внутреннего трения цементобетонной смеси.

Работа, требуемая для преодоления силы трения F_{mp3} :

$$W_{14} = F_{mp3} r_1 \int_0^p dj = S_1 r_1^2 r \cdot g \cdot f_2 \int_0^p \sin^2 j \cdot dj = \frac{S_1 r_1^2 r \cdot g \cdot f_2 p}{2}. \quad (17)$$

Работа, требуемая для преодоления силы сопротивления, вызванной действием силы тяжести ядра уплотнения, определится из следующей зависимости:

$$W_{15} = S_1 r \cdot g \int_{r_1}^{r_0} \int_0^{\frac{3}{2}p} x \sin j \cdot dx dj = \frac{S_1 (r_0^2 - r_1^2) r \cdot g}{2}. \quad (18)$$

Полная работа для преодоления сил лобового сопротивления стойки периферийной лопасти при ее перемещении на участке (рис.2, 3) от $j = 0$ до $j = 1,5p$ будет равна:

$$W_{16} = c_0 r w^2 b_2 \times \int_{r_2}^{r_1} \left[\int_0^{1,5p} \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_2}{r_0} l\right) x_2^3 dj \right] dx_2 = \frac{c_0 r w^2 b_2 [1 - \exp(-1,5p \cdot m)]}{m} \times \left\{ \exp\left[\left(1 - \frac{r_2}{r_0}\right) l\right] - \exp\left[-\left(1 - \frac{r_1}{r_0}\right) l\right] \right\} \times$$

$$\times \left[\frac{r_0}{l} (r_1^3 - r_2^3) - \frac{3r_0^2}{l^2} (r_1^2 - r_2^2) + \frac{6r_0^3}{l^3} (r_1 - r_2) - \frac{6r_0^4}{l^4} \right]. \quad (19)$$

где b_2 - ширина стойки периферийной лопасти; $(r_1 - r_2)$ - высота стойки периферийной лопасти.

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

$$W_1 = (W_{11} + W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{15} + W_{16})z_1, \quad (20)$$

где z_1 - количество периферийных лопастей.

Определим энергию, затрачиваемую на перемешивание смеси внутренними лопастями.

За один оборот лопастного вала каждая внутренняя лопатка испытывает лобовое сопротивление на участке, определяемым углом j , т.е. в диапазоне от $j = 0$ до $j = 1,5p$.

Используя выражение (8), найдем полную работу для преодоления сил лобового сопротивления внутренней лопаткой при ее перемещении на участке от $j = 0$ до $j = 1,5p$:

$$W_{21} = c_0 r w^2 b_3 \cos b_1 \times \int_{r_4}^{r_3} \int_0^{1,5p} \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_3}{r_0} l\right) x_3^3 dx_3 dj, \quad (21)$$

где b_3 - ширина центральной лопатки; b_1 - угол наклона рабочей поверхности центральной лопатки к плоскости, параллельной оси вала, $b_1 = 180^\circ - b$; x_3 - координата от оси вращения лопастного вала до рассматриваемой поверхности на внутренней лопатке; r_3 - наружный диаметр вращения внутренней лопатки; r_4 - внутренний диаметр вращения внутренней лопатки.

Вычисляя двойной интеграл (21), получим:

$$\begin{aligned} W_{21} &= c_0 r w^2 b_3 \cos b_1 \times \\ &\times \int_{r_4}^{r_3} \left[\int_0^{1,5p} \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_3}{r_0} l\right) x_3^3 dj \right] dx_3 = \\ &= \frac{c_0 r w^2 b_3 \cos b_1 [1 - \exp(-1,5p \cdot m)]}{m} \times \\ &\times \left\{ \exp\left[\left(1 - \frac{r_4}{r_0}\right) l\right] - \exp\left[-\left(1 - \frac{r_3}{r_0}\right) l\right] \right\} \times \\ &\times \left[\frac{r_0}{l} (r_3^3 - r_4^3) - \frac{3r_0^2}{l^2} (r_3^2 - r_4^2) + \right. \\ &\left. + \frac{6r_0^3}{l^3} (r_3 - r_4) - \frac{6r_0^4}{l^4} \right]. \quad (22) \end{aligned}$$

Поскольку угол наклона рабочей поверхности внутренней лопатки к плоскости, параллельной оси

вала, (угол атаки) равен $b_1 = 50 \dots 60^\circ$, то при движении лопатки частицы смеси скользят по ее поверхности и движутся в осевом направлении. В результате возникает сила трения.

Элементарная сила нормального давления, действующая на выделенную площадку (рис. 4), будет равна:

$$dF_{21n} = c_0 r w^2 b_3 \cos^2 b_1 \times \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_3}{r_0} l\right) x_3^2 dx_3. \quad (23)$$

Элементарная сила трения, направленная вдоль наклонной поверхности лопатки, будет равна:

$$dF_{21mp} = dF_{21n} f_1 = c_0 r w^2 b_3 f_1 \cos^2 b_1 \times \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_3}{r_0} l\right) x_3^2 dx_3, \quad (24)$$

где f_1 - коэффициент трения смеси о лопатку.

Составляющая сила трения, действующая в направлении вращения лопатки, -

$$dF_{21} = dF_{21mp} \sin b_1 = c_0 r w^2 b_3 f_1 \cos^2 b_1 \times \sin b_1 \cdot \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_3}{r_0} l\right) x_3^2 dx_3. \quad (25)$$

Полная работа для преодоления составляющей силы трения, действующей в направлении вращения лопатки в первой зоне перемешивания при ее перемещении на участке от $j = 0$ до $j = 1,5p$ будет равна

$$\begin{aligned} W_{22} &= c_0 r w^2 b_3 f_1 \cos^2 b_1 \sin b_1 \times \\ &\times \int_{r_4}^{r_3} \left[\int_0^{1,5p} \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_3}{r_0} l\right) x_3^3 dj \right] dx_3 = \\ &= \frac{c_1 r w^2 b_3 f_1 \cos^2 b_1 \sin b_1 [1 - \exp(-1,5p \cdot m)]}{m} \times \\ &\times \left\{ \exp\left[\left(1 - \frac{r_4}{r_0}\right) l\right] - \exp\left[-\left(1 - \frac{r_3}{r_0}\right) l\right] \right\} \times \\ &\times \left[\frac{r_0}{l} (r_3^3 - r_4^3) - \frac{3r_0^2}{l^2} (r_3^2 - r_4^2) + \right. \\ &\left. + \frac{6r_0^3}{l^3} (r_3 - r_4) - \frac{6r_0^4}{l^4} \right]. \quad (26) \end{aligned}$$

Энергия, затрачиваемая на перемещение смеси внутренней лопаткой в осевом направлении за один оборот лопастного вала, может быть определена из следующей зависимости:

$$W_{23} = V_{b1} r L_{b1}, \quad (27)$$

где V_{b1} - объем перемещаемой смеси внутренней лопаткой в осевом направлении при вращении лопатки в диапазоне от $j = 0$ до $j = 1,5p$,

$$V_{b1} = \frac{3p(r_3^2 - r_4^2)b_3 \cos b_1}{4}, \quad (28)$$

L_{b1} - величина смещения объема смеси V_{b1} в осевом направлении,

$$L_{b1} = b_3 \cos b_1. \quad (29)$$

Подставляя выражения (28) и (29) в равенство (27), найдем

$$W_{23} = \frac{3p(r_3^2 - r_4^2)r \cdot b_3^2 \cos^2 b_1}{4}. \quad (30)$$

Полная работа для преодоления сил лобового сопротивления стойки внутренней лопасти при ее перемещении на участке от $j = 0$ до $j = 1,5p$ будет равна:

$$\begin{aligned} W_{24} &= c_0 r w^2 b_4 \times \\ &\times \int_{r_2}^{r_4} \left[\int_0^{1,5p} \exp\left(-j \cdot m - \frac{r_0 - x_4}{r_0} l\right) x_4^3 dj \right] dx_4 = \\ &= \frac{c_0 r w^2 b_4 [1 - \exp(-1,5p \cdot m)]}{m} \times \\ &\times \left\{ \exp\left[\left(1 - \frac{r_2}{r_0}\right) l\right] - \exp\left[-\left(1 - \frac{r_4}{r_0}\right) l\right] \right\} \times \\ &\times \left[\frac{r_0}{l} (r_4^3 - r_2^3) - \frac{3r_0^2}{l^2} (r_4^2 - r_2^2) + \right. \\ &\left. + \frac{6r_0^3}{l^3} (r_4 - r_2) - \frac{6r_0^4}{l^4} \right]. \quad (31) \end{aligned}$$

где b_4 - ширина стойки внутренней лопасти; $(r_4 - r_2)$ - высота стойки внутренней лопасти.

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

$$W_2 = (W_{21} + W_{22} + W_{23} + W_{24})z_2, \quad (32)$$

где z_2 - количество внутренних лопастей.

Используя зависимости (20) и (32), определим расчетную мощность электродвигателя привода однофазного бетоносмесителя принудительного действия, т.е.

$$P = l \frac{(W_1 + W_2)w}{2ph}, \quad (33)$$

где h - коэффициент полезного действия привода; $l \approx 1,05 \dots 1,1$ - коэффициент, учитывающий заклинивание и дробление материала между лопатками и корпусом смесителя, меньшие значения этого коэффициента принимаются при зазоре между лопатками и корпусом смесителя до $2 \dots 2,5$ мм.

Полученные зависимости позволяют достаточно точно определить силы сопротивления, возникающие в процессе перемешивания цементобетонной смеси, и мощность привода в зависимости от основных параметров однофазного бетоносмесителя принудительного действия и консистенции цементобетонной смеси. Они также позволяют обосновать конструктивную форму лопастей и минимизировать расход энергии, затрачиваемой на процесс перемешивания.

На основании полученных теоретических зависимостей разработан экспериментальный образец однофазного бетоносмесителя принудительного действия с переменными формами лопастей.

Выводы. В результате проведенных теоретических исследований определены силы сопротивления перемешиванию и необходимая энергия для их преодоления, найдена расчетная мощность электродвигателя привода однофазного бетоносмесителя принудительного действия с переменными формами лопастей. Полученные зависимости позволяют обосновать основные параметры бетоносмесителя принудительного действия с переменными формами лопастей в зависимости от консистенции приготавливаемой смеси и емкости смесителя по загрузке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морозов М.К. Механическое оборудование заводов сборного железобетона. - К.: Вища школа, 1986. - 311 с.
2. Маслов О.Г., Саленко Ю.С. Исследование взаимодействия лопатки бетоносмесителя принудительного действия с цементобетонной смесью // Вісник КДПУ. - Кременчук: КДПУ, 2006. - Вип.2/2006 (35). - С. 20 - 23.
3. Маслов А.Г., Саленко Ю.С. Определение сил сопротивления перемешиванию и мощности привода однофазного бетоносмесителя принудительного действия // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. - Кременчук, 2005. - Вип. 5/2005 (34). Част. 2. - С. 22 - 24.
4. Маслов О.Г., Саленко Ю.С. Лопатевий змішувач // Деклараційний патент на корисну модель № 9899, Бюл. №10, 2005.

Статья поступила 12 марта 2008 г.
Рекомендована к печати д.т.н., проф.
Солтусом А.П.