

УДК 666.97.031

Емельянова И.А., Анищенко А.И.¹

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАССЧЕТА БЕТНОСМЕСИТЕЛЯ ГРАВИТАЦИОННО-ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

Показана конструкция бетоносмесителя гравитационно-принудительного действия, работающего в каскадном режиме, схема движения компонентов бетонной смеси в рабочем пространстве смесителя.

Приведены зависимости для определения абсолютной скорости движения компонентов бетонной смеси по лопатке корпуса смесителя, зависимости для определения количества и шага установки лопаток на горизонтальном валу, а также зависимости для определения затрат мощности на процесс приготовления бетонной смеси.

На основании результатов проведенных теоретических и экспериментальных исследований разработан новый бетоносмеситель гравитационно-принудительного действия (рис. 1).

В основу его разработки положены результаты исследований с учетом возможного профиля лопаток, установленных на внутренней поверхности корпуса машины.

Бетоносмеситель гравитационно-принудительного действия (рис. 1) [1] состоит из корпуса цилиндрической формы, к внутренней поверхности которого прикреплены лопатки, установленные рядами по периметру вдоль всей его длины. В середине корпуса размещен горизонтальный вал со своими лопатками, которые закреплены на нем по винтовой линии. Корпус смесителя и лопасть вал могут вращаться как в противоположном, так и в одном направлении.

В рабочем пространстве корпуса смесителя с прикрепленными к нему лопатками и вращающимся в это время горизонтальным лопастным валом загружаются исходные компоненты строительной смеси. Когда лопатки корпуса смесителя при его вращении поднимаются в верхнюю часть рабочего пространства машины частицы смеси сходят с их поверхности, попадая на лопатки вращающегося вала, установленные навстречу лопаткам корпуса. С лопаток вала частицы смеси снова падают на лопатки вращающегося корпуса машины, и процесс их движения повторяется. Такое движение частиц смеси в рабочем пространстве смесителя между левой и правой торцевыми стенками обеспечивает каскадный режим работы машины (рис. 2).

На рис. 2а показана схема движения компонентов бетонной смеси при вращении корпуса и лопастного вала бетоносмесителя в противоположные стороны, а на рис. 2б – при вращении корпуса и лопастного вала в одну сторону.

Анализ движения компонентов бетонной смеси показывает, что ярко выраженный каскадный режим перемешивания имеет место при вращении рабочих органов в противоположных направлениях (рис. 2а). Вращение рабочих органов в одну сторону (рис. 2б) свидетельствует о снижении эффективности каскадного режима работы машины.

Схема движения компонентов бетонной смеси, показанная на рис. 2а, наиболее приемлема для ма-



Рис. 1. Бетоносмеситель гравитационно-принудительного действия, работающий в каскадном режиме.

шин циклического действия, а схема движения компонентов бетонной смеси, показанная на рис. 2б, для машин непрерывного действия.

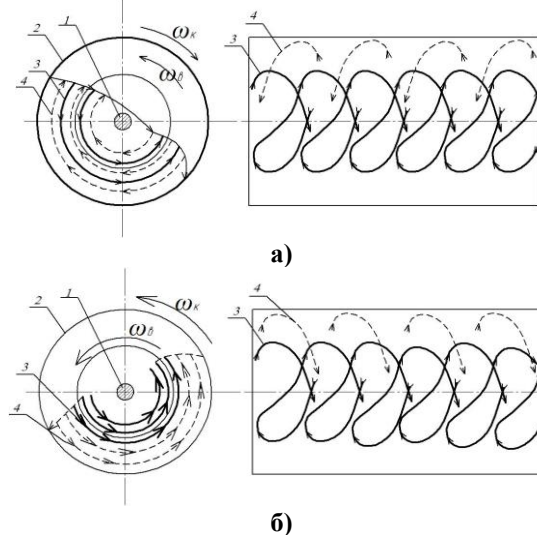


Рис. 2. Схема движения частиц смеси при каскадном режиме работы смесителя
а) вращение корпуса и вала в противоположные стороны; б) вращение корпуса и вала в одну сторону;

1 – лопастный вал; 2 – корпус смесителя; 3 – схема движения компонентов смеси, перемещаемых лопатками вала; 4 – схема движения компонентов смеси, перемещаемых лопатками корпуса.

¹ Емельянова И.А., Анищенко А.И.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры.

Абсолютная скорость движения частицы бетонной смеси для радиально расположенной лопатки определяется согласно зависимости:

$$V = \sqrt{V_{омн}^2 + V_{окр}^2}, \text{ м/с}, \quad (1)$$

для не радиально расположенной лопатки зависимость (1) имеет вид:

$$V^* = \sqrt{V_{омн}^2 + V_{окр}^2 + 2V_{омн} \cdot \sin \psi}, \text{ м/с}, \quad (2)$$

где $V_{омн}$ – относительная скорость вращения частицы бетонной смеси при сходе с лопатки, м/с;

$V_{окр}$ – окружная скорость вращения частицы бетонной смеси при сходе с лопатки, $V_{окр} = \omega \cdot r$, м/с;

ω – угловая скорость вращения корпуса, с⁻¹;

r – расстояние от оси вращения до края лопатки, м;

ψ – угол отклонения лопатки от радиального направления в конце лопатки;

ψ_0 – угол отклонения лопатки от радиального направления в начале лопатки;

На рис. 3 представлена расчетная схема движения частицы бетонной смеси по криволинейной лопатке.

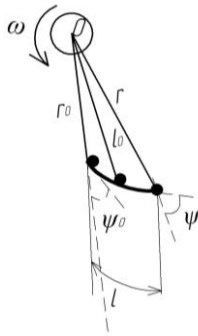


Рис. 3. Схема движения частицы смеси по криволинейной лопатке корпуса смесителя

Для криволинейной лопатки корпуса относительная скорость движения частицы по лопатке может быть определена как:

$$V_{омн} = \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot (A - l_0 \cdot b)}{(C_1 - C_2) \cdot b} \cdot \exp(C_1 \cdot t) + \frac{C_1 \cdot C_2 \cdot (l_0 \cdot b - A)}{(C_1 - C_2) \cdot b} \cdot \exp(C_2 \cdot t), \text{ м/с}. \quad (3)$$

где $C_{1,2}, A, b$ – константы.

$$C_{1,2} = -\frac{(k_n + 2 \cdot \omega \cdot f)}{2} \pm \sqrt{\frac{k_n^2}{4} + \omega^2 - \omega^2 \cdot f^2};$$

$$A = A_1 + A_2; \quad A_1 = -r_0 \cdot \omega^2 \cdot D;$$

$$A_2 = \pm(\omega^2 \cdot f + k_n \cdot \omega) \cdot r_0 \cdot \sin \psi_0 - (\omega^2 - f \cdot k_n \cdot \omega) \cdot r_0 \cdot \cos \psi_0;$$

$$D = \frac{\cos(\psi_0 - \varphi)}{\cos \varphi}; \quad b = \omega^2 - f \cdot k_n \cdot \omega,$$

l_0 – начальное положение частицы бетонной

смеси на лопатке (расстояние от оси вращения до частицы), м;

l – полная длина криволинейной лопатки, м;

r_0 – расстояние от оси вращения до начала лопатки (длина ножки лопатки корпуса), м;

f – коэффициент трения частицы бетонной смеси по поверхности лопатки;

$\varphi = \arctg f$ – угол трения;

k_n – коэффициент парусности, $k_n = \frac{R_n}{m \cdot V_{ч}^2}$, м⁻¹;

R_n – сила сопротивления воздушной среды, Н;

m – масса частицы бетонной смеси, кг;

$V_{ч}$ – скорость движения частицы по лопатке, м/с.

Если лопатка смещена на угол ψ_0 по направлению вращения, тогда A_2 принимаем со знаком «+», если против направления вращения, тогда со знаком «-».

Время движения частицы смеси по лопатке корпуса определяется согласно зависимости:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot (l - l_0)}{C_1 \cdot C_2 \cdot (A - l_0 \cdot b)}}, \text{ с}. \quad (4)$$

Для работы бетоносмесителя гравитационно-принудительного действия в каскадном режиме (траектория движения частиц бетонной смеси после схода с лопаток корпуса и лопастного вала показана на рис. 4) скорость вращения лопаток корпуса смесителя относительно скорости вращения лопаток горизонтального вала должна быть таковой, чтобы за время изменения положения каждого двух соседних лопаток корпуса частицы бетонной смеси успели попасть на каждую из лопаток вращающегося вала, что справедливо при выполнении следующих зависимостей.

При вращении корпуса и лопастного вала в противоположные стороны условие для выполнения каскадного режима выглядит следующим образом [2]:

$$\frac{2\pi}{z_2 \cdot \omega_е} = \frac{2\pi}{z_1 \cdot (\omega_к + \omega_е)}, \quad (5)$$

а при вращении корпуса и лопастного вала в одну сторону условие выглядит как:

$$\frac{2\pi}{z_2 \cdot \omega_е} = \frac{2\pi}{z_1 \cdot \omega_к}. \quad (6)$$

Требуемое количество лопаток на лопастном валу $z_{е,1}$ и шаг их установки $s_{е,1}$ при вращении корпуса и лопастного вала смесителя в противоположные стороны, представлены формулами:

$$z_{е,1} = z_к \cdot \frac{(\omega_к + \omega_е)}{\omega_е}; \quad s_{е,1} = \frac{2\pi}{z_2}, \text{ град}, \quad (7)$$

а при вращении в одну сторону количество лопаток на лопастном валу $z_{е,2}$ и шаг их установки $s_{е,2}$ определяется с помощью следующих формул:

$$z_{\phi.2} = z_{\kappa} \cdot \frac{\omega_{\kappa}}{\omega_{\phi}}; \quad s_{\phi.2} = \frac{2\pi}{z_2}, \text{ град.} \quad (8)$$

При определении затрат мощности на процесс приготовления бетонной смеси в бетоносмесителе учитывались:

- мощность, затрачиваемая на перемещение бетонной смеси по вращающемуся корпусу смесителя;
- мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения, возникающих при перемещении массы бетонной смеси лопатками корпуса;
- мощность, затрачиваемая на приобретение лопастным валом крутящего момента;
- мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения, возникающих при взаимодействии массы бетонной смеси с лопастным валом;
- мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения в подшипниках.

Затраты мощности на преодоление трения в подшипниках, на которые опирается лопастной вал смесителя, производятся согласно зависимости:

$$N = F_0 \cdot \mu \cdot \frac{d_{\phi}}{2} \cdot \omega_{\phi} =, \text{ Вт} \quad (9)$$

где F_0 – сила трения, возникающая в подшипнике, Н;
 ω_{ϕ} – угловая частота вращения вала смесителя, с^{-1} ;
 μ – коэффициент трения в подшипниках, $\mu = 0,005 \dots 0,008$;
 d_{ϕ} – диаметр вала, м.

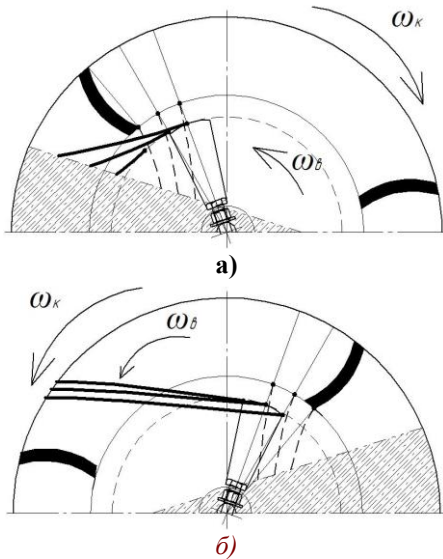


Рис.4. Траектории движения частиц бетонной смеси в рабочем пространстве бетоносмесителя при сходе с лопаток корпуса и горизонтального вала:

а) вращение корпуса и вала в противоположные стороны; б) вращение корпуса и вала в одну сторону; — — траектория движения частиц с лопаток горизонтального вала; ---- — траектория движения частиц с лопаток корпуса.

Анализ работы смесителя показал, что на преодоление сил трения в вышеуказанных подшипниках расходуется 10 % от общих затрат мощности.

Зависимость для определения затрат мощности на процесс приготовления бетонной смеси в бетоносмесителе гравитационно-принудительного действия выглядит как [2]:

$$N_{\text{см}} = \frac{0,85 \cdot G_{\text{см}} \cdot h \cdot Z \cdot \omega_{\kappa}}{\eta_{\kappa} \cdot 1000} + \frac{F_{\text{тр.к}} \cdot V_{\text{абс.к}} \cdot z_1}{\eta_{\kappa} \cdot 1000} + \frac{\omega_{\phi} \cdot M_{\phi}}{\eta_{\phi} \cdot 1000} + \frac{F_{\text{тр.в}} \cdot V_{\text{абс.в}} \cdot z_2}{1000 \cdot \eta_{\phi}}, \text{ кВт}, \quad (10)$$

где $G_{\text{см}}$ – вес бетонной смеси, поднимаемой под действием сил трения,
 $G_{\text{см}} = V_{\text{общ}} \cdot \rho_0 \cdot g$, Н;
 h – вертикальная координата смещения массы смеси в корпусе,
 $h = 0,7 \cdot R_{\kappa}$, м;

Z – количество циркуляций смеси в корпусе машины;

ω_{κ} – угловая частота вращения корпуса смесителя, с^{-1} ;

η_{κ} – КПД привода корпуса;

$F_{\text{тр.к}}$ – сила трения, возникающая при движении частицы бетонной смеси по поверхности лопатки корпуса смесителя,

$$F_{\text{тр.к}} = G_{\text{лоп.корп}} \cdot (f_1 \cos \varphi_{\kappa} + \sin \varphi_{\kappa}), \text{ Н};$$

$G_{\text{лоп.корп}}$ – сила тяжести смеси, которая находится на прямой лопатке корпуса,

$$G_{\text{лоп.корп}} = z_1 \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot c_1 \cdot \rho_0 \cdot g, \text{ Н};$$

$G_{\text{лоп.корп}}^*$ – сила тяжести смеси, которая находится на криволинейной лопатке корпуса,

$$G_{\text{лоп.корп}}^* = z_1 \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot c_1 \cdot k_{\text{кр}} \cdot \rho_0 \cdot g, \text{ Н};$$

$k_{\text{кр}}$ – коэффициент кривизны лопатки,

$$k_{\text{кр}} = 0,5 \dots 0,6;$$

M_{ϕ} – крутящий момент лопастного вала,
 $M_{\phi} = P_{\text{бс}} \cdot R_{\text{лв}} \cdot z_2$, Н·м;

$P_{\text{бс}}$ – усилие, возникающее под действием бетонной смеси на лопатку вала,

$$P_{\text{бс}} = q \cdot b_2 \cdot h_2 \cdot c_2 \cdot \cos \varphi_{\phi} \cdot R_{\text{лв.ср}}, \text{ Н};$$

q – давление бетонной смеси на лопатку вала,

$$q = C_0 \cdot \rho_0 \cdot V_{\phi}^2, \text{ Па};$$

C_0 – коэффициент сопротивления движению лопатки при взаимодействии с бетонной смесью, $C_0 = 5 \dots 7$;

V_{ϕ} – окружная скорость лопастного вала, $V_{\phi} = \omega_{\phi} \cdot R_{\text{лв}}$, м/с;

$R_{\text{лв.ср}}$ – средний радиус лопастного вала,

$$R_{\text{лв.ср}} = \frac{R_{\text{лв}} + r_{\text{лв}}}{2}, \text{ м};$$

η_{ϕ} – КПД привода вала;

$F_{тр.в}$ – сила трення, возникающая при движении частицы бетонной смеси по поверхности лопатки вала, $F_{тр} = (G_{лоп.вал} + G'_{лоп.корп}) \cdot (f_1 \cos \varphi_в + \sin \varphi_в)$, Н;

$G_{лоп.вал}$ – вес смеси, которая находится на лопатках вала при перемешивании, $G_{лоп.вал} = z_2 \cdot b_2 \cdot h_2 \cdot c_2 \cdot \rho_0 \cdot g$, Н;

$G'_{лоп.корп}$ – вес смеси, который сбрасывается с прямых лопаток корпуса на лопатки вала,

$$G'_{лоп.корп} = \frac{1}{3} z_1 \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot c_1 \cdot \rho_0 \cdot g, \text{ Н};$$

$G'_{лоп.корп}^*$ – вес смеси, который сбрасывается с криволинейных лопаток корпуса на лопатки вала,

$$G'_{лоп.корп} = \frac{1}{3} z_1 \cdot b_1 \cdot h_1 \cdot c_1 \cdot k_{кр} \cdot \rho_0 \cdot g, \text{ Н};$$

$V_{абс.в}$ – абсолютная скорость движения частицы смеси по лопатке вала, м/с. Полученные результаты исследований положены в основу методики расчета новых машин.

Выводы

1. Показана конструкция бетоносмесителя гравитационно-принудительного действия, работающего в каскадном режиме.

2. Приведены зависимости для определения скоростей движения частиц смеси по лопаткам определенного профиля и затрат мощности, необходимых для работы таких машин.

Литература

1. Бетоносмесители, работающие в каскадном режиме. Монография / И.А.Емельянова, А.И. Анищенко, С.М. Евель, В.В. Блажко, О.В. Доброходова, Н.А. Меленцов. – Харьков: Тим Паблিশ Груп, 2012. – 146 с. ил., табл.
2. Аніщенко А.І. Розробка бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії для приготування бетонних сумішей різної рухливості: автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. тех. наук: спец. 05.05.02 / А.І. Аніщенко. – Харків, 2013. – 20 с.

УДК 693.5

Голубничий В. А., Голубничий Г.А.¹

СУЧАСНІ СУПЕРПЛАСТИФІКАТОРИ ДЛЯ МОНОЛІТНОГО БЕТОНУ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

АНОТАЦІЯ. Наведені результати досліджень по визначенню впливу суперпластифікаторів СП-1, Dinamon P-3, Sikaplast 2508 на властивості бетонних сумішей і бетонів.

Ключові слова: бетонна суміш, бетон, властивість, суперпластифікатор.

АНОТАЦІЯ. Приведены результаты исследований по определению влияния суперпластификаторов СП-1, Dinamon P-3, Sikaplast 2508 на свойства бетонных смесей и бетонов.

SUMMARY. The results of reseaches on determination of influence today superplast СП-1, Dinamon P-3, Sikaplast 2508 on properties of concrete mixtures and concrete is resulted.

Key words: concrete mixtures, concrete, properties, superplast.

Вступ. Відомі наступні напрямки прискорення швидкості твердіння і підвищення міцності бетонів: застосування хімічних добавок – прискорювачів твердіння; введення затравок кристалізації і інтенсифікація процесів зародкоутворення з метою зменшення енергії активації при гідратації в'язучих, регулювання рН рідкої фази твердіючих систем, повторне вібрування бетонних сумішей після першого етапу структуроутворення [1]; застосування різних видів тепло вологої і електричної обробки бетонів; використання суперпластифікаторів у бетонних сумішах [2..8]. Ефективність впливу останніх на реологічні характеристики бетонних сумішей і міцність бетонів у різні терміни їх твердіння залежить як від складу в'язучих,

так і від такого суперпластифікаторів і їх вмісту у такому композиційному матеріалі, як бетон.

Мета досліджень. Визначити вплив виду сучасних суперпластифікаторів (СП-1, Dinamon P-3, Sikaplast 2508) і їх вмісту на рухомість бетонних сумішей і міцність бетонів у стандартні терміни їх твердіння (2, 7, 28 діб).

Виклад основного матеріалу. При проведенні досліджень застосовані наступні будівельні матеріали: бетони з проектними класами по міцності при стиску В30, В35, В40; їх склади наведені в табл.1; шлакопортландцемент ШПЦ Ш/А400 Здолбунівського цементно-шиферного комбінату “Волиньцемент” з питомою поверхнею 290 м²/кг, нормальною густиною

¹ Голубничий В. А., м.н.с. КНУБА. Голубничий Г.А., м.н.с. НДІБК.