

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ С ПОЛИПРОПИЛЕНОВОЙ ФИБРОЙ

Показано, что в отличие от ранее полученной зависимости для определения производительности трёхвального бетоносмесителя при работе на фибробетонных смесях введён корректирующий коэффициент, определяющий объёмное армирование полипропиленовыми волокнами. Приведена зависимость для определения длины трубопровода, по которому транспортируется фибробетонная смесь с помощью растворобетононасоса. Найдена так же зависимость для определения высоты поднятия шибера в загрузочном бункере при выдаче составляющих на ленту питателя.

***Ключевые слова:** технологический комплект оборудования, производительность, фибробетонная смесь.*

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами. Слабым звеном при приготовлении фибробетонных смесей является комкование фибровых элементов при их загрузке в бетоносмеситель. Указанная проблема может быть успешно решена при совмещении операций нарезки фибры и приготовления смесей в условиях технологического комплекта оборудования, принципиальная схема которого приведена ниже. Малогабаритный комплект оборудования (рис. 1) включает в себя ленточный питатель 1, который обеспечивает подачу и дозирование исходных компонентов смеси; бункер 2, загружаемый щебнем, песком и цементом и оснащённый ворошителем для поддержания сухих компонентов смеси во взвешенном состоянии; автомат-резчик полипропиленовой фибры 3, обеспечивающий нарезание волокна и его порционную подачу непосредственно в трёхвальный бетоносмеситель 4, растворобетононасос с тарельчатыми клапанами 5, предназначенный для транспортирования готовой фибробетонной смеси [4].

Анализ последних исследований и публикаций, в которых впервые предлагалось решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение не решенных прежде задач общей проблемы, которым посвящается указанная статья. Решению

указанной проблемы предшествуют результаты следующих проведенных исследований кафедрой механизации строительных процессов Харьковского национального университета строительства и архитектуры:

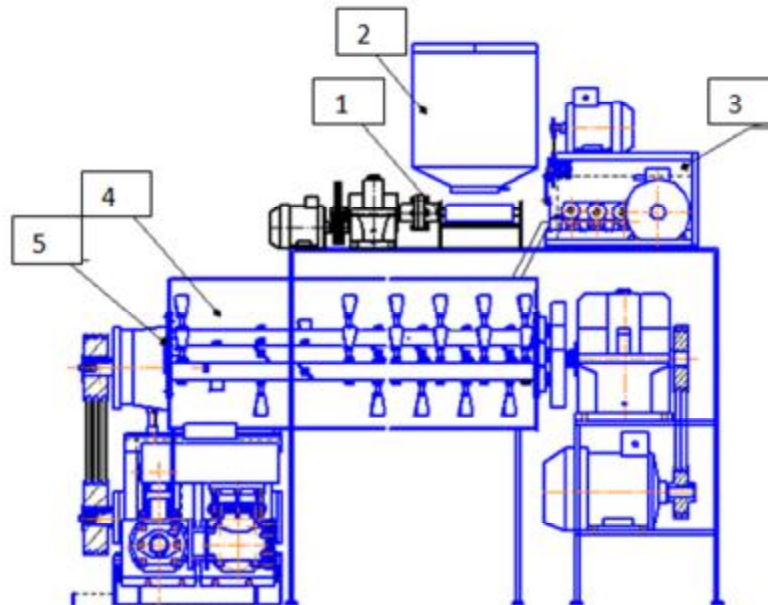


Рис. 1. Технологический комплект оборудования для приготовления и транспортирования бетонной смеси с использованием полипропиленовой фибры: 1 – ленточный питатель; 2 – бункер с ворошителем; 3 – автомат-резчик полипропиленовой фибры; 4 – трехвальный бетоносмеситель; 5 – растворобетононасос с тарельчатыми клапанами

– разработка и теоретическое исследование работы автомата-резчика [2];

– определение концентрации полипропиленовой фибры при приготовлении бетонной смеси в условиях использования технологического комплекта оборудования с трехвальным бетоносмесителем [3];

– определение основных показателей работы технологического комплекта оборудования для приготовления и транспортирования бетонной смеси с полипропиленовой фиброй [4];

– исследование технологических комплектов оборудования для работы в условиях строительной площадки на фибробетонных смесях [5].

Статья посвящена исследованию рабочего процесса приготовления фибробетонных смесей с помощью малогабаритного технологического комплекта оборудования с выходом на определение зависимости для нахождения его производительности.

Целью исследований является определение зависимостей, которые позволяют проанализировать работу отдельных узлов технологического комплекта оборудования, в конечном итоге с выходом на определение его производительности.

Изложение основного материала исследования с полным обоснованием научных результатов. Одним из основных показателей работы технологического комплекта оборудования является его производительность.

Производительность технологического комплекта оборудования для приготовления и транспортирования бетонной смеси с полипропиленовой фиброй находится, исходя из технической производительности базовой машины – трехвального бетоносмесителя или двухпоршневого растворобетононасоса с тарельчатыми клапанами. Производительность входящего в комплект автомата-резчика полипропиленовой фибры определяется, исходя из объемного содержания фибровых элементов в приготавливаемой смеси, а производительность ленточного питателя – исходя из компонентов, входящих в состав сухой бетонной смеси, поступающей в первую зону смесителя.

Производительность трехвального бетоносмесителя по объему, как было определено ранее [1], находится согласно зависимости

$$P_{\text{мех}} = 3600 \times \frac{P}{4} \times (D^2 - d^2) \times b \times n \times z_{\text{л}} \times \sin \alpha \times k_3^{\text{cp}} \times k_6^{\text{II}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где D – диаметр вала по торцу лопасти, м;

d – диаметр среднего вала, м;

b – ширина лопасти, м;

$z_{\text{л}}$ – количество лопастей среднего вала;

α – угол установки лопастей, град;

k_3^{cp} – коэффициент загрузки смесителя относительно среднего вала,

$k_3^{\text{cp}} = 0,75$;

k_6^{II} – коэффициент возврата бетонной смеси второй зоны.

Для приготовления бетонных смесей с полипропиленовой фиброй предлагается в вышеуказанную зависимость ввести коэффициент объемного армирования полипропиленовыми волокнами.

С учетом этого коэффициента объем смеси, который можно приготовить в трехвальном смесителе, следует определять, пользуясь зависимостью

$$V_{\text{фбс}} = \frac{3600 \cdot \pi (D^2 - d^2) \cdot b \cdot z_{\text{л}}}{4} \cdot (1 + \gamma_{\text{max}}), \text{ м}^3, \quad (1)$$

где γ_{max} – коэффициент объемного армирования полипропиленовыми волокнами (максимально допустимый); значение данного коэффициента находится по формуле

$$\gamma_{\text{max}} = \frac{\pi \cdot d_f^2}{4 \cdot h \cdot l_f}, \quad (2)$$

где d_f^2 – диаметр фибровых элементов, м;

h – высота рабочего пространства машины, в которой осуществляется приготовление фибробетонной смеси, м; $h = 0,8 B$, где B – габаритный размер смесителя по его высоте, м;

l_f – длина нарезаемых фибровых элементов автоматом – резчиком, м.

В данном случае коэффициент объёмного армирования, согласно зависимости (1), показывает максимально допустимое долевое количество фибровых элементов, которое нужно ввести в 1 м^3 бетонной смеси для получения максимального прироста прочности полученного фибробетона.

Исходя из вышеизложенного, зависимость для определения производительности трехвального бетоносмесителя при работе на фибробетонных смесях имеет вид

$$P_{\text{техн фбс}} = \frac{3600 \cdot \pi (D^2 - d^2) \cdot b \cdot Z_{\text{д}} \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot K_3^{\text{cp}} \cdot K_{\text{В}}^{\parallel}}{4} \cdot \left(1 + \frac{\pi \cdot d_f^2}{4 \cdot h \cdot l_f}\right), \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (3)$$

Для определения производительности бетоносмесителя при работе на фибробетонных смесях вводится параметр $\rho_{0\text{фбс}}$ (средняя плотность бетонной смеси с полипропиленовой фиброй). Тогда зависимость (3) в окончательном варианте приобретает вид

$$P_{\text{техн фбс}} = 282,6 (D^2 - d^2) \cdot b \cdot Z_{\text{д}} \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot K_3^{\text{cp}} \cdot K_{\text{В}}^{\parallel} \cdot \left(1 + \frac{0,78 \cdot d_f^2}{h \cdot l_f}\right), \text{ т/ч}. \quad (4)$$

Производительность исследуемого технологического комплекта оборудования также может быть оценена по производительности растворобетононасоса.

Известна зависимость для определения производительности двухпоршневого растворобетононасоса, исходя из пропускной способности клапанов машины [2],

$$P_{\text{техн фбс}} = \frac{0,4 \Delta p}{\mu_{\text{фбс}} \cdot \dot{L}_{\text{ТР}}} \cdot \left\{ R_2^4 - R_1^4 - \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \right\}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (5)$$

где Δp – разность давлений на концах трубопровода, по которому транспортируется бетонная смесь, Мпа;

$\mu_{\text{фбс}}$ – динамическая вязкость фибробетонной смеси;

$\dot{L}_{\text{ТР}}$ – длина трубопровода, по которому транспортируется фибробетонная смесь, м;

R_1 – радиус основания клапана растворобетононасоса, м;

R_2 – радиус седла клапана растворобетононасоса, м.

Так как производительности трехвального бетоносмесителя и двухпоршневого растворобетононасоса равны между собой, справедливым будет равенство

$$\frac{0,4\Delta p}{\mu_{\text{фбс}} \cdot L_{\text{ТР}}} \cdot \left\{ R_2^4 - R_1^4 - \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \right\} = 282,6 (D^2 - d^2) \cdot b \cdot Z_{\text{л}} \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot K_3^{\text{сп}} \cdot K_{\text{В}}^{\text{л}} \cdot \left(1 + \frac{0,78 \cdot d_f^2}{h \cdot l_f} \right). \quad (6)$$

Из равенства (6) определяется длина трубопровода, по которому транспортируется фибробетонная смесь, поступающая из двухпоршневого растворобетононасоса,

$$\dot{L}_{\text{ТР}} = \frac{0,4\Delta p \cdot \left\{ R_2^4 - R_1^4 - \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \right\}}{282,6 (D^2 - d^2) \cdot b \cdot Z_{\text{л}} \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot K_3^{\text{сп}} \cdot K_{\text{В}}^{\text{л}} \cdot \left(1 + \frac{0,78 \cdot d_f^2}{h \cdot l_f} \right) \cdot \mu_{\text{фбс}}}, \text{ м}; \quad (7)$$

$$\dot{L}_{\text{ТР}} = \frac{1,4 \cdot 10^{-3} \Delta p \cdot \left\{ R_2^4 - R_1^4 - \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{\ln \frac{R_2}{R_1}} \right\}}{(D^2 - d^2) \cdot b \cdot Z_{\text{л}} \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot K_3^{\text{сп}} \cdot K_{\text{В}}^{\text{л}} \cdot \left(1 + \frac{0,78 \cdot d_f^2}{h \cdot l_f} \right) \cdot \mu_{\text{фбс}}}, \text{ м}. \quad (8)$$

Согласно рис. 1 компоненты сухой бетонной смеси (цемент, песок и щебень) в бетоносмеситель подаются ленточным питателем. Компоненты смеси попадают на ленту питателя при открытом шибере из бункера питателя, где установлен горизонтальный вал со штырями, обеспечивающий их предварительное перемешивание (рис. 2).

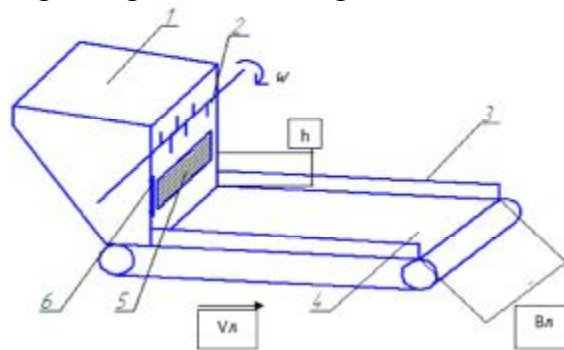


Рис. 2. Схема ленточного питателя:

- 1 – загрузочный бункер сухих компонентов бетонной смеси; 2 – ворошитель;
3 – борта ленточного питателя; 4 – лента питателя; 5 – подвижный шибер;
6 – направляющие вертикального перемещения шибера

Техническая производительность ленточного питателя определяется согласно зависимости [3]

$$P_{\text{техн пит}} = 3600 \cdot B \cdot h \cdot (0,9 \cdot V_{\text{л}} - 0,05)^2 \cdot V_{\text{л}} \cdot \rho_0, \text{ т/ч},$$

где B – ширина выходного отверстия бункера питателя, м;

h – высота поднятия шибера, м;

$B_{\text{л}}$ – ширина ленты питателя, м;

$V_{\text{л}}$ – скорость ленты питателя, м/с;

ρ_0 – средняя плотность сухой бетонной смеси без фибры.

Зная зависимость для определения технической производительности ленточного питателя и трехвального бетоносмесителя при работе оборудования на сухих бетонных смесях, можно определить высоту

поднятия шибера в загрузочном бункере при выдаче составляющих на ленту питателя

$$3600 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot b \cdot Z_{\text{л}} \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot K_3^{\text{CP}} \cdot K_{\text{В}}^{\parallel} = 3600 \cdot B \cdot h \cdot (0,9\mathfrak{B}_{\text{л}} - 0,05)^2 \cdot V_{\text{л}} \cdot \rho_0. \quad (9)$$

Из зависимости (9) выражаем значение высоты поднятия шибера

$$h = \frac{3600 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot b \cdot Z_{\text{л}} \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot K_3^{\text{CP}} \cdot K_{\text{В}}^{\parallel}}{3600 \cdot B \cdot (0,9\mathfrak{B}_{\text{л}} - 0,05)^2 \cdot V_{\text{л}} \cdot \rho_0} = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot b \cdot Z_{\text{л}} \cdot n \cdot \sin \alpha \cdot K_3^{\text{CP}} \cdot K_{\text{В}}^{\parallel}}{B \cdot (0,9\mathfrak{B}_{\text{л}} - 0,05)^2 \cdot V_{\text{л}} \cdot \rho_0}, \text{ м.} \quad (10)$$

Выводы из данного исследования. Приведена схема технологического комплекта оборудования для приготовления и транспортирования бетонной смеси с использованием полипропиленовой фибры входящих в него машин.

Указаны методики определения производительности технологического комплекта оборудования для приготовления и транспортирования бетонной смеси с полипропиленовой фиброй.

Литература

1. Бетоносмесители, работающие в каскадном режиме / И.А. Емельянова, А.И. Анищенко, С.М. Евель, В.В. Блажко, О.В. Доброходова, Н.А. Меленцов. – Харьков: Тим Паблши Груп, 2012.
2. Емельянова И.А. Определение условий масштабного перехода от опытных образцов машин к созданию промышленных / И.А. Емельянова, А.И. Анищенко, В.Ю. Шевченко // Современный научный вестник. Серия: Физика, строительство и архитектура. – 2014. – С. – 68 – 77.
3. Емельянова И.А. К построению модели процесса приготовления фибробетонных смесей при использовании технологического комплекта малогабаритного оборудования / И.А. Емельянова, В.Ю. Шевченко // Науковий вісник будівництва. Вип.70. – Харків: ХНУБА, 2013. – С. 586 – 587.
4. Новые технологические комплекты оборудования для работы в условиях строительной площадки на фибробетонных смесях / Емельянова И.А., Блажко В.В., Непорожнев А.С., Шевченко В.Ю. // Новые материалы и технологии в машиностроении: сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. – Вып. 13. – Брянск: БГТИ, 2011. – С. 155 – 157.
5. Емельянова И.А., Блажко В.В., Шевченко В.Ю. Технологический комплект оборудования для приготовления бетонной смесей с использованием стальных фибровых элементов различной длины. Энергосберегающие технологические комплексы и оборудоване для произаодства строительных материалов: меж вуз. сб.ст./ под. ред.. В.С. Богданова. – Белгород, 2013. – С.166 -170.

© Емельянова И.А., Шевченко В.Ю.

УДК 666.983

І.А. Ємельянова, д. т.н., проф.

В.Ю. Шевченко, аспірант

Харківський національний університет будівництва та архітектури

**ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО
КОМПЛЕКТУ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І
ТРАНСПОРТУВАННЯ БЕТОННИХ СУМІШЕЙ З
ПОЛІПРОПІЛЕНОВОЮ ФІБРОЮ**

Показано, що на відміну від раніше отриманої залежності для визначення продуктивності тривального бетонозмішувача при роботі на фібробетонних сумішах, введено коригуючий коефіцієнт, який визначає об'ємне армування поліпропіленовими волокнами. Наведено залежність для визначення довжини трубопроводу, по якому транспортується фібробетонна суміш за допомогою розчинобетононасоса. Також знайдена залежність для визначення висоти підняття шибера в завантажувальному бункері при видачі складових на стрічку живильника.

Ключові слова: технологічний комплект обладнання, продуктивність, фібробетонна суміш.

UDC 666.983

I. A. Emelianova, Doctor of Technical Sciences, Professor

V. Y. Shevchenko, Post-graduate

Kharkov National University Construction and Architecture

**PRODUCTIVITY DETERMINATION OF TECHNOLOGICAL
EQUIPMENT SET FOR PREPARATION AND TRANSPORTATION OF
CONCRETE MIXTURES WITH POLYPROPYLENE FIBER**

It is shown that in contrast to the previously obtained dependence to determine the performance of concrete mixer with three shafts at work on fiber-reinforced concrete mixtures, introduced a correction coefficient that determines the volumetric reinforced with polypropylene fibers. The dependence to determine the length of the pipeline that transports fiber concrete mixture using concrete pump was given. Also there was found the dependence to determine the rise height of the gate in the hopper when issuing components to the tape feeder.

Keywords: technological equipment set, productivity, fiber-reinforced concrete mixture.