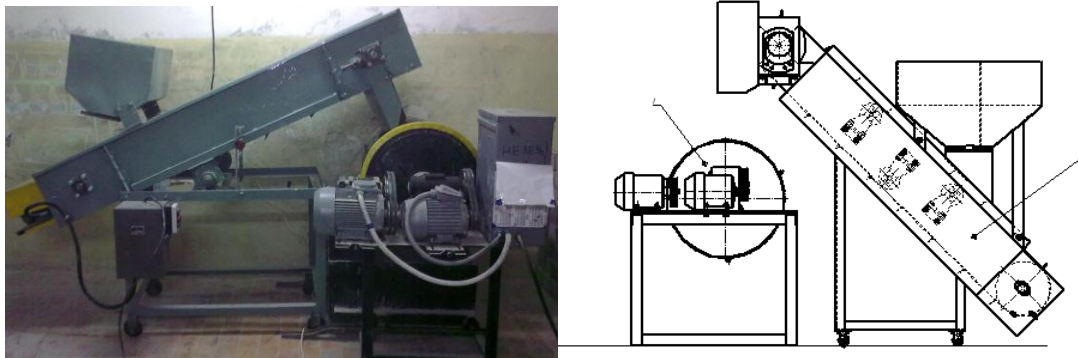


**ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКТУ ОБЛАДНАННЯ, ЩО СКЛАДАЄТЬСЯ З БЕТОНОЗМІШУВАЧА ГРАВІТАЦІЙНО-ПРИМУСОВОГО ДІЇ ТА СТРІЧКОВО-СКРЕБКОВОГО ЖИВИЛЬНИКА**

*Приведена методика визначення основних показників роботи технологічного комплексу обладнання, що складається з бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії та стрічково-скребкового живильника.*

**Ключові слова:** бетонозмішувач, стрічково-скребкового живильника, барабан, лопатевий вал.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** На кафедрі механізації будівельних процесів Харківського національного університету будівництва та архітектури створено технологічний комплект обладнання, що складається з бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії та стрічково-скребкового живильника (рисунок 1).



*Рисунок 1 – Технологічний комплект обладнання*

*1 – бетонозмішувач гравітаційно-примусової дії; 2 – стрічково-скребковий живильник.*

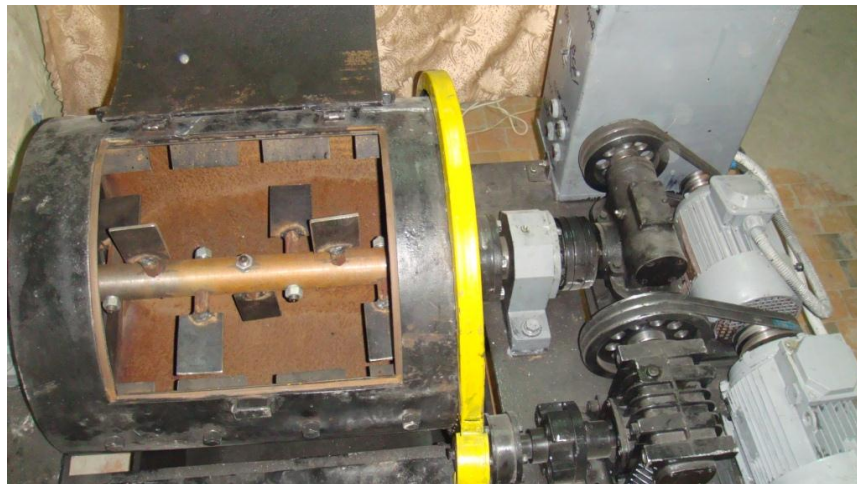
Технічна характеристика технологічного комплексу обладнання:

Продуктивність, м <sup>3</sup> / год.	0,43
Бетонозмішувач гравітаційно-примусової дії	
Максимальний розмір заповнювача, мм.	3...10
Частота обертання вала, об/хв.	50...60
Частота обертання корпусу, об/хв.	15...20
Загальна потужність двигуна, кВт.	4,1
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1400
ширина	600
висота	1300
Маса змішувача, кг	140
Стрічково-скребковий живильник	

Швидкість стрічки, м/с.	0,03
Ширина стрічки, м.	0,4
Кут нахилу живильника, град.	30...45 <sup>0</sup>
Висота скребка, м.	0,075
Потужність двигуна, кВт.	1,0
Габаритні розміри, мм:	
довжина	1600
ширина	1500
висота	1500

Змішувач гравітаційно-примусової дії поєднує в своїй конструкції два принципи дії машин – гравітаційний і примусовий, а стрічково-скребковий живильник забезпечує рівномірну подачу сировини в робочий простір машини.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій.** Бетонозмішувач гравітаційно-примусової дії (рисунок 2) [1, 2] складається з корпусу циліндричної форми, на внутрішній поверхні якого закріплено лопаті, які встановлені рядами по периметру вздовж усієї його довжини. У середині корпусу розміщено горизонтальний обертовий вал з лопатями, що закріплені на ньому по гвинтовій лінії. Корпус змішувача та вал обертаються в протилежних напрямках.



*Рисунок 2 – Бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії*

Дослідно-промисловий зразок бетонозмішувача призначений для приготування бетонної суміші різної рухомості з високим ступенем однорідності. Бетонозмішувач відноситься до типу машин циклічної дії, який призначено до застосування в будівельній промисловості.

Стрічково-скребковий живильник (рисунок 3) призначено для переміщення сипучих матеріалів (щебінь, пісок, цемент) від бункера до робочого простору машини, який розміщено відносно бетонозмішувача під кутом 40°, складається зі стрічки та скребків, які закріплені на ній. Наявність саме цієї транспортуючої машини обумовлена тим, що вона може забезпечити рівномірне завантаження складових суміші та найменший коефіцієнт просипання, на відміну від елеватора чи скіпового підіймача. Для того, щоб матеріал потрапляв саме у завантажувально-розвантажувальний отвір бетонозмішувача, конвеєр оснащено спеціальним «напрямним» лотком, ширина якого відповідає довжині завантажувального отвору у бетонозмішувачі.

**Постановка завдання.** Отже, метою досліджень є необхідність у встановленні методики визначення основних показників роботи технологічного комплексу

оладнання, що складається з бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії та стрічково-скребкового живильника.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Продуктивність бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії знаходиться відповідно залежності:

$$Q_{\text{змішувача}} = (V_{\text{з.в.}} + V + V_{\text{з.к.}}) \cdot Z_{\text{Ц}} \cdot K_{\text{вих}} \cdot K_{\text{час}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (1)$$

де  $Z_{\text{Ц}} = 3600/T_{\text{Ц}}$  - кількість циклів за годину;  $T_{\text{Ц}} = t1 + t2 + t3$ , с - тривалість одного циклу, яка складається з суми тривалості завантаження компонентів  $t1$ , перемішування  $t2$  та вивантаження готової суміші  $t3$ ;  $K_{\text{вих}}$  - коефіцієнт виходу суміші;  $K_{\text{час}}$  - коефіцієнт використання змішувача за часом;

$V_{\text{з.в.}}$  - об'єм суміші, який знаходиться в зоні дії лопатевого валу (рисунок 3), який можна визначити за формулою:

$$V_{\text{з.в.}} = S_{\text{з.в.}} \cdot L_{\text{к}} \cdot K_{\text{з.в.}} = (\pi \cdot R_{\text{г}}^2 - \frac{1}{2} R_{\text{г}}^2 \cdot \alpha_{\text{з.в.}} + \frac{1}{2} R_{\text{г}}^2 \cdot \sin \alpha_{\text{з.в.}}) \cdot L_{\text{к}} \cdot K_{\text{з.в.}}, \text{ м}^3, \quad (2)$$

де  $S_{\text{з.в.}}$ ,  $\text{м}^2$  - площа перерізу суміші, яка знаходиться в зоні дії лопатевого валу;  $K_{\text{з.в.}}$  - коефіцієнт заповнення зони дії лопатевого вала;  $R_{\text{г}}$ , м - радіус лопатевого вала;  $L_{\text{к}}$ , м - довжина корпусу змішувача;  $\alpha_{\text{з.в.}}$  - кут суміші матеріалу, який знаходиться з

співвідношення  $\frac{\cos \alpha_{\text{з.в.}}}{2} = \frac{h}{R_{\text{г}}}$ , звідкіля  $\alpha_{\text{з.в.}} = 2 \cdot \arccos \left( \frac{h}{R_{\text{г}}} \right)$ , де  $h$ , м - висота на яку піднімається суміш;

$V$  - об'єм суміші, який не знаходиться в зоні дії будь-яких лопаток (рисунок 3), визначається за формулою:

$$V = S \cdot L_{\text{к}} \cdot K_{\text{з.}} = (\pi \cdot (R^2 - R_{\text{г}}^2) - \frac{1}{2} \cdot (R^2 - R_{\text{г}}^2) \cdot \alpha + \frac{1}{2} (R^2 - R_{\text{г}}^2) \cdot \sin \alpha) \cdot L_{\text{к}} \cdot K_{\text{з.}}, \text{ м}^3, \quad (3)$$

де  $S$ ,  $\text{м}^2$  - площа перерізу суміші, яка не знаходиться в зоні дії будь-яких лопаток;  $K_{\text{з.}}$  - коефіцієнт заповнення цієї ділянки;  $R$ , м - радіус цієї ділянки;  $\alpha = 2 \cdot \arccos \left( \frac{h}{R} \right)$  - кут суміші матеріалу.

$V_{\text{з.к.}}$  - об'єм суміші, який знаходиться в зоні дії лопаток корпусу (рисунок 3), визначається за формулою:

$$V = S_{\text{з.к.}} \cdot L_{\text{к}} \cdot K_{\text{з.к.}} = (\pi \cdot (R_{\text{к}}^2 - R^2) - \frac{1}{2} \cdot (R_{\text{к}}^2 - R^2) \cdot \alpha_{\text{з.к.}} + \frac{1}{2} (R_{\text{к}}^2 - R^2) \cdot \sin \alpha_{\text{з.к.}}) \cdot L_{\text{к}} \cdot K_{\text{з.к.}}, \text{ м}^3, \quad (4)$$

де  $S_{\text{з.к.}}$ ,  $\text{м}^2$  - площа перерізу суміші, яка знаходиться в зоні дії лопаток корпусу;  $K_{\text{з.к.}}$  - коефіцієнт заповнення зони дії лопаток корпусу;  $R_{\text{к}}$ , м - радіус корпусу;

$\alpha_{\text{з.к.}} = 2 \cdot \arccos \left( \frac{h}{R_{\text{з.к.}}} \right)$  - кут суміші матеріалу.

Продуктивність змішувача з урахуванням роботи стрічково-скребкового живильника можливо знайти за допомогою формули:

$$Q_{\text{змішувача}}' = 3600 \cdot B_{\text{стрічки}} \cdot h_{\text{скребка}} \cdot \cos \beta \cdot V_{\text{жив}} \cdot \psi \cdot K_{\text{вих}} \cdot K_{\text{час}}, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5)$$

де  $B_{\text{стрічки}}$ , м - ширина стрічки живильника;  $h_{\text{скребка}}$ , м - висота скребка;  $\beta$  - кут нахилу конвеєру;  $V_{\text{жив}}$ , м/с - швидкість стрічки живильника;  $\psi$  - коефіцієнт заповнення.

Потужність бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії складається з потужності на обертання лопатевого вала та потужності на обертання корпусу змішувача.

$$N_{\text{змішувача}} = N_{\text{вала}} + N_{\text{барабана}}, \text{ кВт}. \quad (6)$$

Потужність на обертання лопатевого валу складається з двох потужностей: потужності на здолання сил тертя бетонної частки о поверхню лопатки та потужності, витрачену на перемішування бетонної суміші обертаним валом.

$$N_{\text{вала}} = N_1 + N_2, \text{ кВт.} \quad (7)$$

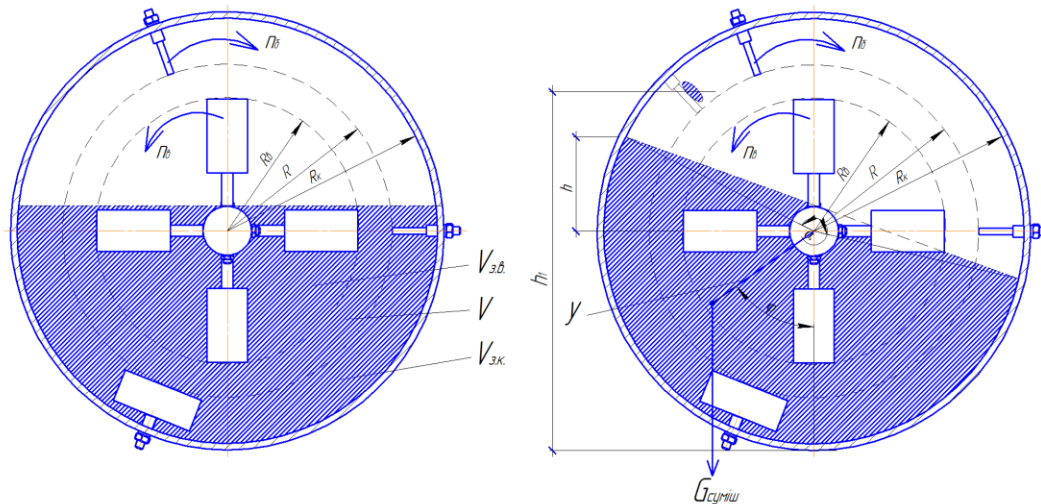


Рисунок 3 – Розрахункова схема для визначення об'єму суміші у змішувачі.

$V_{з.в.}$  – об'єм суміші, який знаходиться в зоні дії лопатевого валу;

$V$  – об'єм суміші, який не знаходиться в зоні дії будь-яких лопаток;

$V_{з.к.}$  – об'єм суміші, який знаходиться в зоні дії лопаток корпусу.

Потужність на здолання сил тертя можна визначити з формули:

$$N_1 = \frac{F_{\text{тр}} \cdot V_{\text{абс}} \cdot (K_{з.в.} \cdot z_{\text{лоп.вал}})}{1000\eta}, \text{ кВт,} \quad (8)$$

де  $F_{\text{тр}}$ , Н – сила тертя матеріалу о поверхню лопатки:

$$F_{\text{тр}} = (G_{\text{лоп.вал}} + G'_{\text{лоп.корп}}) \cdot (f \cos \phi + \sin \phi), \text{ Н,} \quad (9)$$

де  $G_{\text{лоп.вал}}$ , Н – сила ваги суміші, яка попадає до зони дії однієї лопатки валу за час перемішування;  $G'_{\text{лоп.корп}}$ , Н – сила ваги суміші, яка потрапляє на лопатку валу під час сходу з лопатки корпусу під час перемішування;  $f$  – коефіцієнт тертя суміші о поверхню лопатки;  $\phi$  – кут підйому, з якого суміш починає сходження з лопатки валу;  $z_{\text{лоп.вал}}$  – кількість лопаток на валу.

Відповідно результатам проведених досліджень в процесі роботи змішувача, для розрахунку потужності на обертання лопатевого валу слід проводити з урахуванням коефіцієнту заповнення зони дії лопатевого валу  $K_{з.в.}$ .

Абсолютна швидкість руху частинок суміші по лопатці визначається за формулою:

$$V_{\text{абс}} = \omega_g R_g \sqrt{2 - \frac{r_g^2}{R_g^2}}, \text{ м/с,} \quad (10)$$

де  $\omega_g$  – частота обертання лопатевого валу;  $R_g$  – радіус лопатевого валу;  $r_g$  – радіус кронштейну лопатки валу.

Маса суміші, яка знаходиться в зоні дії лопатевого валу, визначається за допомогою формули (2):

$$m_{з.в.} = V_{з.в.} \cdot \rho = [S_{з.в.} \cdot L_k \cdot K_{з.в.}] \cdot \rho =$$

$$= \left[ \left( \pi \cdot R_6^2 - \frac{1}{2} R_6^2 \cdot \alpha_{з.в.} + \frac{1}{2} R_6^2 \cdot \sin \alpha_{з.в.} \right) \cdot L_k \cdot K_{з.в.} \right] \cdot \rho, \text{ кг}, \quad (11)$$

де  $\rho_{бет}$  кг/м<sup>3</sup> – щільність бетонної суміші.

Сила ваги суміші, яка попадає в зону дії однієї лопатки лопатевого валу знаходиться відповідно залежності:

$$G_{лоп.вал} = \frac{G_{з.в.}}{z_{лоп.вал}} = \frac{m_{з.в.} \cdot g}{8}, \text{ Н}. \quad (12)$$

Масу суміші, яка потрапляє на лопатку вала під час сходу з лопатки корпусу можна визначити виходячи з маси суміші, яка потрапляє до зони дії лопаток корпусу, за допомогою формули (4):

$$m_{з.к.} = V_{з.к.} \cdot \rho = [S_{з.к.} \cdot L_k \cdot K_{з.к.}] \cdot \rho =$$

$$= \left[ \left( \pi \cdot (R_k^2 - R^2) - \frac{1}{2} \cdot (R_k^2 - R^2) \cdot \alpha_{з.к.} + \frac{1}{2} (R_k^2 - R^2) \cdot \sin \alpha_{з.к.} \right) \cdot L_k \cdot K_{з.к.} \right] \cdot \rho, \text{ кг}. \quad (13)$$

Маса суміші, яку піднімає одна лопатка корпусу:

$$m_{лоп.корп} = \frac{0,15 \cdot m_{з.к.}}{z_{лоп.корп}}, \text{ кг}. \quad (14)$$

Але з лопаток корпусу тільки 1/3 суміші, яка сходить, потрапляє на лопатку вала. Ця маса визначається з формули:

$$m'_{лоп.корп} = \frac{1}{3} m_{лоп.корп}, \text{ кг}, \quad (15)$$

а її сила ваги  $G'_{лоп.корп} = m'_{лоп.корп} \cdot g$ , Н.

Потужність, яка витрачається на перемішування обертовим валом можна визнати за допомоги формули:

$$N_2 = \frac{(G_{лоп.вал} + G'_{лоп.корп}) \cdot V_6 \cdot (K_{з.в.} \cdot z_{лоп.вал})}{1000\eta}, \text{ кВт}, \quad (16)$$

де  $V_6 = \omega_6 \cdot R_6$ , м/с – швидкість руху лопатевого валу.

Потужність на обертання корпусу змішувача складається з двох потужностей: потужності, яка витрачається на перемішування бетонної суміші лопатками корпусу та потужності, яка витрачається на здоляння сил тертя бетонної частки о поверхню лопатки.

$$N_{барабана} = N_1 + N_2, \text{ кВт}. \quad (17)$$

Потужності, яка витрачається на перемішування бетонної суміші лопатками корпусу визначається згідно до формули:

$$N_1 = \frac{M_{сум} \cdot \omega_6}{\eta \cdot 1000}, \text{ кВт}, \quad (18)$$

де  $M_{сум}$  – момент невірноважених сил, виникаючих при обертанні барабана з бетонною суміші, Н·м:

$$M_{сум} = G_{суміші} \cdot y \cdot \sin \phi, \text{ Н·м}. \quad (19)$$

Сила ваги всієї суміші у змішувачеві можна визначити за допомоги формул (11, 13, 21):

$$G_{суміші} = (m_{з.в.} + m + m_{з.к.}) \cdot g, \text{ Н}. \quad (20)$$

Маса суміші, яка не знаходиться в зоні дії будь-яких лопаток, визначається за допомогою формули (3):

$$m_{з.б.} = V_{з.б.} \cdot \rho = [S \cdot L_k \cdot K_3] \cdot \rho = \left[ (\pi \cdot (R^2 - R_g^2) - \frac{1}{2} \cdot (R^2 - R_g^2) \cdot \alpha + \frac{1}{2} \cdot (R^2 - R_g^2) \cdot \sin \alpha) \cdot L_k \cdot K_3 \right] \cdot \rho, \text{ кг}, \quad (21)$$

де  $y, m$  – відстань від центру тяжіння всього об'єму бетонної суміші у барабані до центру вісі обертання барабану, яка визначається за формулою:

$$y = \frac{2}{3} \cdot \frac{R_k^3 \cdot \sin \frac{\alpha_{з.к.}}{2}}{S_c}, \text{ м}, \quad (22)$$

де  $S_c$  – площа сегменту суміші, яка визначається згідно до формули:

$$S_c = \frac{R_k^2}{2} (\alpha_{з.к.} - \sin \alpha_{з.к.}), \text{ м}^2, \quad (23)$$

$\phi$  – кут природного скосу бетонної суміші при обертанні барабану.

Оскільки при обертанні барабану бетонна суміш під дією відцентрової сили починає притискатись до барабану, то вона, по суті, рухається уздовж радіусу барабана. Відповідно, на неї діє сила Коріоліса. Як векторна сила, сила Коріоліса спрямована перпендикулярно до сили ваги суміші і дорівнює  $(2 \cdot \omega_b \cdot v_{\text{лін}})$  – де  $\omega_b = 2,0$  об/хв. – кутова швидкість барабану,  $v_{\text{лін}}$  – лінійна швидкість руху. Приблизно силу Коріоліса можна знайти згідно формули:  $F_{\text{Коріоліса}} = 2 \cdot m \cdot \omega_b^2 \cdot R_k$ . В такому разі кут  $\phi$  визначається за формулою:

$$\phi = \arctg \left( \frac{2 \cdot \omega_b^2 \cdot R_k}{g} \right). \quad (24)$$

Потужність, яка витрачається на здоляння сил тертя бетонної частки об поверхню лопатки визначається згідно формули:

$$N_2 = \frac{0,85 \cdot G_{\text{суміші}} \cdot h_1 \cdot Z}{\eta \cdot 1000}, \text{ кВт}, \quad (25)$$

де  $h_1 = 1,7 \cdot R_k$ , м – висота підймання суміші силою тертя;  $Z$  – кількість циркуляцій суміші.

Потужність стрічково-скребкового живильника визначаємо за формулою:

$$N_{\text{жив.}} = (0,003 \cdot Q' \cdot h + 0,00015 \cdot Q' \cdot l + 0,03 \cdot V_{\text{стрічки}} \cdot V_{\text{жив.}} \cdot l) \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ кВт}, \quad (26)$$

де  $Q'$ , м<sup>3</sup>/год – продуктивність живильника;  $h$ , м – висота, на яку передбачено транспортування матеріалу;  $l = h / \sin \beta$ , м – довжина живильника;  $V_{\text{стрічки}}$ , м – ширина стрічки живильника;  $V_{\text{жив.}}$ , м/с – швидкість стрічки живильника;  $K_1, K_2$  – коефіцієнт, що враховує сили опору на привідному та натяжному барабанах;

Таким чином, загальні витрати потужності слід визначати за формулою:

$$N_{\text{тех.комп.}} = N_{\text{вала}} + N_{\text{барабана}} + N_{\text{жив.}} \quad (27)$$

$$N_{\text{тех.комп.}} = \frac{F_{\text{тер}} \cdot V_{\text{абс}} \cdot (K_{з.в.} \cdot z_{\text{лоп.вал}})}{1000\eta} + \frac{(G_{\text{лоп.вал}} + G'_{\text{лоп.корп}}) \cdot V_{\text{в}} \cdot (K_{з.в.} \cdot z_{\text{лоп.вал}})}{1000\eta} + \frac{M_{\text{сум}} \cdot \omega_b}{\eta \cdot 1000} + \frac{0,85 \cdot G_{\text{суміші}} \cdot h_1 \cdot Z}{\eta \cdot 1000} + (0,003 \cdot Q' \cdot h + 0,00015 \cdot Q' \cdot l + 0,03 \cdot V_{\text{стрічки}} \cdot V_{\text{жив.}} \cdot l) \cdot K_1 \cdot K_2.$$

## Висновки

1. Знайдено залежність для визначення продуктивності бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії.

2. Представлена залежність для визначення витрат потужності бетонозмішувача гравітаційно-примусової дії.

3. Представлена формула для розрахунку потужності усього технологічного комплексу обладнання.

#### *Література*

1. Емельянова И.А., Доброходова О. В., Анищенко А. И. *Современные строительные смеси и оборудование для их приготовления.* – Х.: Тимченко, 2010. – 152 с.: ил., табл.
2. Емельянова И.А., Блажко В.В., Анищенко А.И. *Особенности рабочего процесса принудительно-гравитационного бетоносмесителя.* // *Науковий вісник будівництва.* – Харків, ХДТУБА, ХОТВ АБУ. – 2009. – Вип. 52. – С. 31.7-325.

*Надійшла до редакції 27.10.2011*

*© І.А. Ємельянова, А.І. Аніщенко*

**И.А. Емельянова, д.т.н., проф., А.И. Анищенко, аспирант**

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры*

#### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ, СОСТОЯЩЕГО ИЗ БЕТОНОСМЕСИТЕЛЯ ГРАВИТАЦИОННО-ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ И ЛЕНТОЧНО-СКРЕБКОВОГО ПИТАТЕЛЯ**

*Приведена методика определения основных показателей работы технологического комплекта оборудования, состоящего из бетоносмесителя гравитационно-принудительного действия и ленточно-скребкового питателя.*

*Ключевые слова: бетоносмеситель, ленточно-скребкового питателя, барабан, лопастной вал.*

**I.A. Emeljanova, Prof. Dr A., A.I. Anishchenko, Post graduate**

*Kharkov National University of Building and Architecture*

#### **DETERMINATION OF BASIC INDICATORS OF TECHNOLOGY PACKAGE EQUIPMENT CONSISTING OF CONCRETE MIXERS GRAVITATIONAL ENFORCEMENT ACTION AND TROUGH BELT FEEDERS**

*A method for determining the basic performance of the techno-sky set of equipment consisting of a mixer gravitational force of the belt and scraper feeder.*

*Keywords: concrete mixer, belt scraper feeder, drum, paddle shaft.*