

поставщиков, что, в конечном счёте, положительно скажется на технико-экономических показателях эксплуатируемого на предприятии оборудования.

Выводы

1. Зафиксированный случай аварийного выхода из строя грейфера грузоподъёмностью 32 т при наработке, существенно меньшей, чем у успешно эксплуатирующихся грейферов с аналогичной грузоподъёмностью других заводов – изготовителей, обусловлен заниженным в два раза катетом сварочного шва, фиксировавшего стойку верхнего блока полиспастов относительно металлоконструкции грейфера.
2. Для предотвращения таких опасных аварийных ситуаций на предприятиях, эксплуатирующих парк грейферов, поставляемых различными фирмами, необходима разработка собственного документа, регламентирующего правила приёмки и контролируемые при этом параметры. Наличие такого документа, учитывающего как общегосударственные требования, устанавливаемые компетентными государственными органами, так и опыт эксплуатации в специфических условиях данного предприятия, позволит обеспечить длительную и безопасную эксплуатацию грузоподъёмных кранов.

Список использованных источников:

1. Гребеник В.М. Повышение надёжность металлургического оборудования / В.М. Гребеник, А.В. Гордиенко, В.К. Цапко. – М. : Металлургия, 1988. – 688 с.
2. Седуш В.Я. Надёжность, ремонт и монтаж металлургических машин. – К.: НМК ВО, 1992. – 368 с.
3. Кравченко В.М. Техническое обслуживание и диагностика промышленного оборудования / В.М. Кравченко. – Донецк : ООО «Юго-Восток Лтд», 2004. – 504 с.

Bibliography:

1. Grebenik V.M. Povyishenie nadyozhnost metallurgicheskogo oborudovaniya / V.M. Grebennik, A.V. Gordienko, V.K. Tsapko. – M. : Metallurgiya, 1988. – 688 p. (Rus.)
2. Sedush V.Ya. Nadezhnost, remont i montazh metallurgicheskikh mashin. – K.: NMK VO, 1992. – 368 p. (Rus.)
3. Kravchenko V.M. Tehnicheskoe obsluzhivanie i diagnostika promyishlennogo oborudovaniya / V.M. Kravchenko. – Donetsk : ООО «Yugo-Vostok Ltd», 2004. – 504 p. (Rus.)

Рецензент: В.В. Суглобов
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 30.04.2012

УДК 666.97.033.16:621.34.1

©Емельяненко Н.Г.*

**ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ПНЕВМОВИБРАЦИОННЫХ МАШИН
ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Обоснован способ оценки энергетической эффективности и разработана обобщенная математическая модель динамики пневмовибрационных машин в процессе формования бетонных изделий. Созданы новые конструкции машин с пневматическим, пневмогидравлическим и комбинированным приводом для формования бетонных изделий.

Ключевые слова: *виброформование бетонных изделий, пневмовибрационные машины, моделирование динамических систем.*

* канд. техн. наук, профессор, ГВУЗ «Харьковский национальный университет строительства и архитектуры», г. Харьков

Ємельяненко М.Г. Обґрунтування створення пневмовібраційних машин для формування бетонних виробів. Обґрунтовано спосіб оцінки енергетичної ефективності і розроблено узагальнену математичну модель динаміки пневмовібраційних машин в процесі формування бетонних виробів. Створено нові конструкції машин з пневматичним, пневмогідравлічним і комбінованим приводами для формування бетонних виробів.

Ключові слова: *віброформування бетонних виробів, пневмовібраційні машини, моделювання динамічних систем.*

M.G. Emelyanenko. Substantiation for designing pneumatic-vibration machines for concrete products forming. Specified was the method of evaluation of power efficiency and a generalized mathematical model was developed of dynamics of pneumatic-vibration machines in the process of concrete parts formation. New types of pneumatic machines with pneumatic-hydraulic for concrete products forming were designed.

Keywords: *vibro-formation of concrete products, pneumatic-vibration machines, vibro-platforms, simulation of dynamic systems.*

Постановка проблеми. Развитие строительной индустрии в Украине идет в направлении использования совершенных экологически чистых энерго- и ресурсосберегающих отечественных и зарубежных технологий, машин, оборудования, конструкций и материалов.

К востребованным изделиям в современном строительстве относятся мелкоштучные бетонные стеновые и дорожные изделия (архитектурный облицовочный кирпич, тротуарная плитка широкой гаммы форм и оттенков, цельные и пустотелые блоки, бордюры и т. д.).

Существует потребность в повышении технического уровня и эффективности вибрационных формовочных машин и оборудования для производства мелкоштучных изделий, совершенствовании их конструкций, развитии теоретической, расчётной и проектной базы.

Перспективным является создание формовочного оборудования небольшой грузоподъемности с новыми вариантами привода и упругих элементов, позволяющих легко изменять параметры вибрации при изменении состава бетонной смеси, а также при расширении номенклатуры выпускаемых изделий. В качестве виброприводов, реализующих указанные возможности, могут быть пневматические, пневмогидравлические или комбинированные приводы, генерирующие одно- и двухчастотные колебания.

Анализ последних исследований и публикаций. Исследованию и совершенствованию машин для формования мелкоштучных бетонных изделий вибрацией и вибропрессованием (пневмовибрационных площадок и вибропрессов) посвящены работы [1-6]. В работах [1, 2, 4, 5] приведены результаты аналитических исследований машин с пневматическим, пневмогидравлическим и комбинированным приводами, отражены особенности их динамики (устойчивая работа, возможность плавного регулирования параметров вибрации). Экспериментальное подтверждение положений теории пневмовибрационных машин содержится в статьях [3, 5]. В работах [4-6] приведены элементы методик расчёта новых конструкций пневмовибрационных площадок и вибропрессов.

Цель статьи – обоснование создания новых пневмовибрационных машин для формования бетонных изделий. В задачи исследования входят:

- разработка обобщенной математической модели пневмовибрационной формовочной машины, отображающей динамику рабочего органа с учетом изменяемых характеристик бетонной смеси;
- разработка принципиальных положений по созданию и расчёту новых конструкций пневмовибрационных формовочных машин;
- создание новых конструкций вибрационных формовочных машин с пневматическим, пневмогидравлическим и комбинированным приводом.

Изложение основного материала. Обобщенная физическая модель пневмовибрационной машины (виброплощадки или вибропресса) в виде дискретно-континуальной системы изображена на рис. 1.

Вводим обозначения: $F(t)$ – возмущающая сила ($F(t) = \Delta p \cdot S_{\text{ПЗ}} \cdot \cos \omega t$ – для машин с

пневматическим виброприводом; $F(t) = S_D \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega t$ – для машин с центробежным приводом); $u_\phi(t) = A_0 \cos(\omega t)$ – вибрационное перемещение днища формы; h – высота столба бетонной смеси; x – ордината слоя смеси; $u(x, t)$ – перемещение слоя смеси с ординатой x ; m, m_σ – масса рабочего органа и бетонной смеси; S_σ – площадь горизонтального сечения столба бетонной смеси; E_σ – динамический модуль упругости бетонной смеси; η_σ – динамический коэффициент вязкости бетонной смеси; ρ_σ – плотность бетонной смеси; p_{CT} – статическое давление на смесь в форме или матрице; $c; b$ – коэффициенты жёсткости и сопротивления упругих опор машины.

Условие равновесия сил на дифференциальном элементе имеет вид:

$$\rho_\sigma \cdot S_\sigma \cdot \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial t^2} - \frac{\partial F_N(x, t)}{\partial x} = 0,$$

где $F_N(x, t)$ – нормальная к сечению столба бетонной смеси сила.

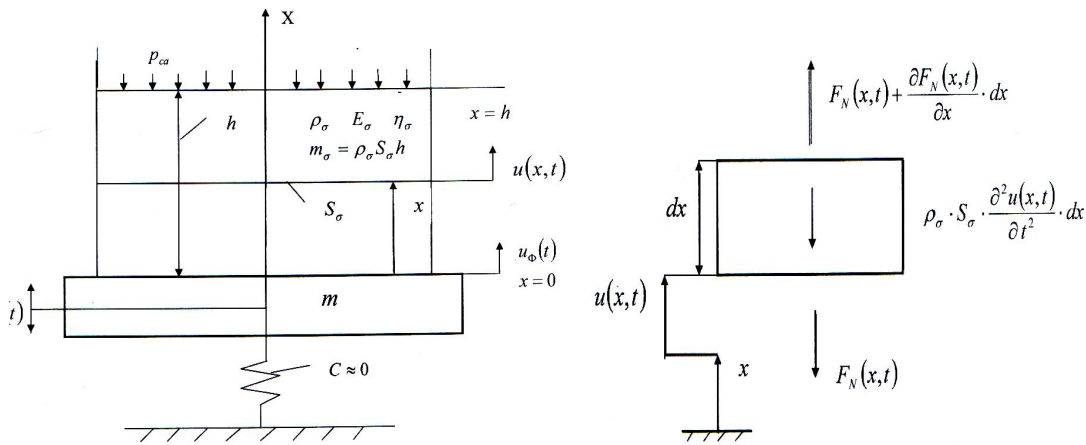


Рис. 1 – Дискретно-континуальная модель пневмовибрационной машины

Уравнение распространения волн в смеси записываем в комплексной форме:

$$\frac{\partial^2 \bar{u}(\xi, \tau)}{\partial \tau^2} - \alpha \frac{\partial^2 \bar{u}(\xi, \tau)}{\partial \xi^2} - \delta \frac{\partial^3 \bar{u}(\xi, \tau)}{\partial \xi^2 \partial \tau} = 0,$$

$$\xi = \frac{x}{h}; \quad (0 \leq \xi \leq 1); \quad \tau = \omega t; \quad \alpha = \frac{E_\sigma}{\rho_\sigma h^2 \omega^2}; \quad \delta = \frac{\eta_\sigma}{\rho_\sigma h^2 \omega}.$$

Амплитуда перемещений, динамическое напряжение и присоединенная масса смеси:

$$\hat{u}(\xi) = A_0 \bar{x}(\xi); \quad |\hat{\sigma}(\xi)| = A_0 \cdot \omega^2 \cdot \rho_A \cdot h \cdot z(\xi); \quad \sigma_k = A_0 \cdot \omega^2 \cdot \rho_A \cdot h; \\ m_{\Pi\sigma} = \rho_\sigma \cdot S_\sigma \cdot h \cdot z(\xi).$$

$$\bar{x}(\xi) = \sqrt{\frac{ch[2D \cdot (1 - \xi)] + \cos[2S \cdot (1 - \xi)]}{ch(2D) + \cos(2S)}}, \quad \left. \begin{matrix} S \\ D \end{matrix} \right\} = \sqrt{\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sqrt{\alpha^2 + \delta^2}} \pm \frac{\alpha}{\alpha^2 + \delta^2} \right)};$$

$$z(\xi) = \sqrt[4]{\alpha^2 + \delta^2} \cdot \sqrt{\frac{ch[2D \cdot (1 - \xi)] - \cos[2S \cdot (1 - \xi)]}{ch(2D) + \cos(2S)}}.$$

Вводим коэффициент использования мощности, подводимой к днищу формы для перемещения слоёв бетонной смеси:

$$\eta_N = \frac{N_{yc}}{N_y} = \frac{\sqrt[4]{\alpha^2 + \delta^2}}{ch(2D) + \cos(2S)} \cdot \left\{ \int_0^1 \sqrt{ch[2D \cdot (1-\xi)] - \cos[2S \cdot (1-\xi)]} \cdot |\cos[\omega \cdot t(\xi)]| d\xi \right\} \cdot \left\{ \int_0^1 \sqrt{ch[2D \cdot (1-\xi)] + \cos[2S \cdot (1-\xi)]} \cdot |\cos[\omega \cdot t(\xi)]| d\xi \right\}.$$

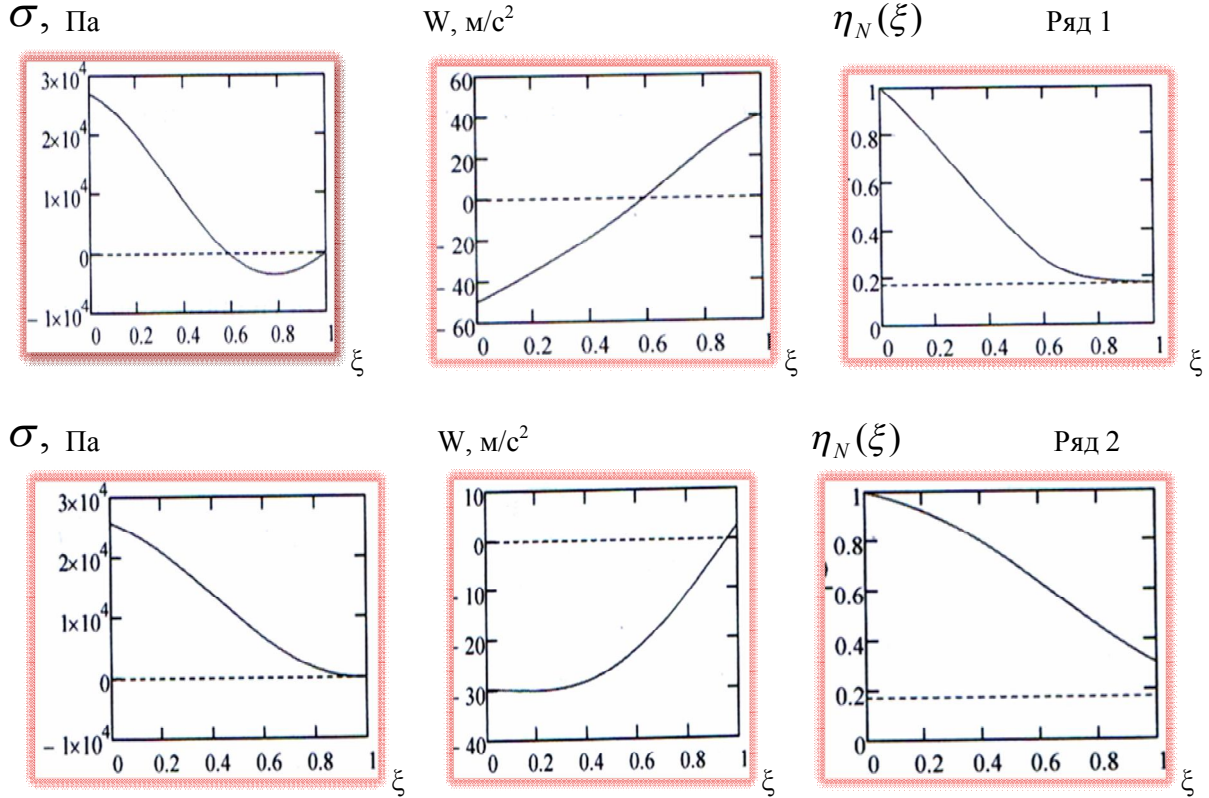


Рис. 2 – Зависимости динамического напряжения, ускорения и коэффициента использования мощности от высоты колеблющегося столба бетонной смеси: Ряд 1: $\nu = 50$ Гц; $A_0 = 0.0005$ м; $\rho_\sigma = 2400$ кг/м³; $h=0,3$ м. Ряд 2: $\nu = 25$ Гц; $A_0 = 0.0012$ м; $\rho_\sigma = 2400$ кг/м³; $h=0,3$ м

Анализ построенных графиков (рис. 2) показывает:

1. Для режимов колебаний с низкой частотой при увеличении высоты столба бетонной смеси коэффициент использования мощности, подводимой к днищу формы, уменьшается медленнее, чем для режимов колебаний с высокой частотой.

2. Получает научное подтверждение факт, что для изготовления бетонных изделий небольшой высоты следует использовать высокочастотную вибрацию с малой амплитудой, а для высоких изделий – низкочастотную вибрацию с повышенной амплитудой.

3. Если в качестве оценки эффективности вибрационного режима уплотнения принять введенный коэффициент использования мощности в бетонной смеси, то, используя параметры базового рационального режима и характеристики, можно прогнозировать параметры нового рационального режима.

С учетом полученных зависимостей для параметров столба бетонной смеси записываем уравнение движения рабочего органа в безразмерной комплексной форме:

$$\mu_0 \cdot \frac{d^2 \tilde{u}_\Phi(\tau)}{d\tau^2} + \mathcal{G}_0 \frac{d \tilde{u}_\Phi(\tau)}{d\tau} + \eta_0 \cdot \tilde{u}_\Phi(\tau) - \alpha \cdot \frac{\partial \tilde{u}_L(0; \tau)}{\partial \xi} - \delta \cdot \frac{\partial^2 \tilde{u}_L(0; \tau)}{\partial \xi \partial \tau} = \frac{F_0}{\rho_\sigma \cdot S_\sigma \cdot h \cdot \omega^2} \cdot e^{i\tau},$$

$$\text{где } \mu_0 = \frac{m}{\rho_\sigma \cdot S_\sigma \cdot h}; \quad \vartheta_0 = \frac{b}{\rho_\sigma \cdot S_\sigma \cdot h \cdot \omega}; \quad \eta_0 = \frac{c}{\rho_\sigma \cdot S_\sigma \cdot h \cdot \omega^2}.$$

Уравнение динамики рабочего органа машины при замене в физической модели воздействия бетонной смеси действием присоединенной твердой массы имеет вид:

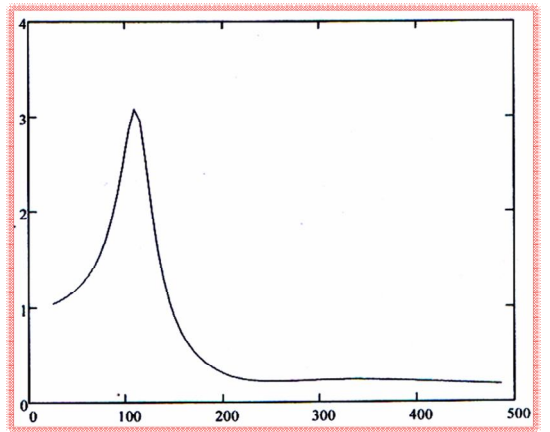
$$|\mu_0 + z(\xi)| \cdot \frac{d^2 \tilde{u}_\Phi(\tau)}{d\tau^2} + \vartheta_0 \frac{d \tilde{u}_\Phi(\tau)}{d\tau} + \eta_0 \cdot \tilde{u}_\Phi(\tau) = U_0 \cdot e^{i\tau}.$$

Решение уравнения: $u_T(\tau) = k_T \cdot U_0 \cdot e^{i\tau}$.

Коэффициент, характеризующий влияние присоединенной массы бетонной смеси на амплитуду колебаний рабочего органа (рис. 3):

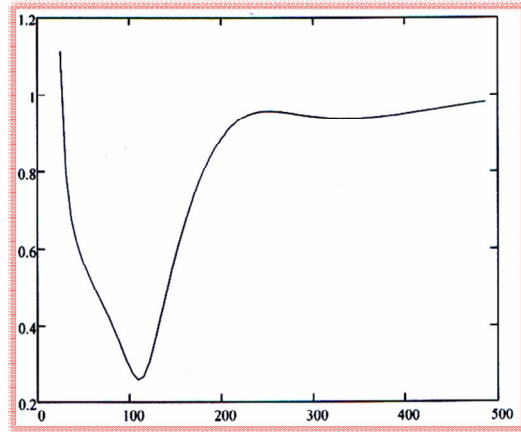
$$|\tilde{k}_T| = \frac{1}{\sqrt{[\eta_0 - \mu_0 - z(\xi)]^2 + \vartheta^2}}.$$

$Z(\xi = 0)$



$\omega, \text{ c}^{-1}$

k_T



$\omega, \text{ c}^{-1}$

Рис. 3 – Зависимости коэффициента присоединенной массы бетонной смеси (Z) и коэффициента амплитуды колебаний системы «рабочий орган – бетонная смесь» (k_T) от угловой частоты колебаний: $m = 800 \text{ кг}$; $S_\sigma = 1 \text{ м}^2$; $h = 0,1 \text{ м}$; $\rho_\sigma = 2400 \text{ кг/м}^3$; $E_\sigma = 3,5 \cdot 10^6 \text{ Па}$; $c = 0,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}$; $b = 5000 \text{ Н/с/м}$

Принципиальные положения по созданию и расчёту
новых конструкций пневмовибрационных машин

1. Принцип проектирования эффективных режимов вибрационного формования бетонных изделий, который базируется на обеспечении условия: коэффициент использования подведенной к рабочему органу мощности для вибрационного перемещения слоёв бетонной смеси должен быть не ниже допустимой (базовой) величины.

2. Принцип комплексного вибровоздействия рабочих органов пневмовибрационных машин на компоненты уплотняемой бетонной смеси, который базируется:

- на использовании воздействия рабочих органов пневмовибрационных машин на бетонную смесь вибрациями низкой частоты и большой амплитуды и вибрациями высокой частоты и малой амплитуды;

- на использовании виброплощадок с комбинированными приводами для формования бетонных изделий в несколько стадий.

3. Принцип обеспечения заданных динамических параметров пневмовибрационных формовочных машин, который базируется:

- на адекватности разработанных физических и математических моделей, отображающих динамику пневмовибрационных площадок и прессов с учётом изменяемых параметров вибра-

ции и характеристик бетонной смеси;

- на создании уточнённых методик расчёта параметров новых конструкций пневмовибрационных машин (виброплощадок и вибропрессов).

4. Принцип соответствия выпускаемой продукции (бетонных изделий) эксплуатационным критериям (высокой прочности, морозостойкости, низкого водопоглощения), который базируется на установлении эффективных режимов работы новых пневмовибрационных машин по результатам экспериментов.

5. Принцип обеспечения санитарно-гигиенических требования по вибрации и шуму, который базируется на использовании в новых конструкциях вибромашиных специальных демпферов и поглотителей шума (установка рабочих органов на пневмоопорах и введение глушителей в пневмосистему привода).

С учетом данных принципов созданы пневмовибрационные машины для формирования бетонных изделий. На рис. 4 показаны варианты схем разработанных виброплощадок.

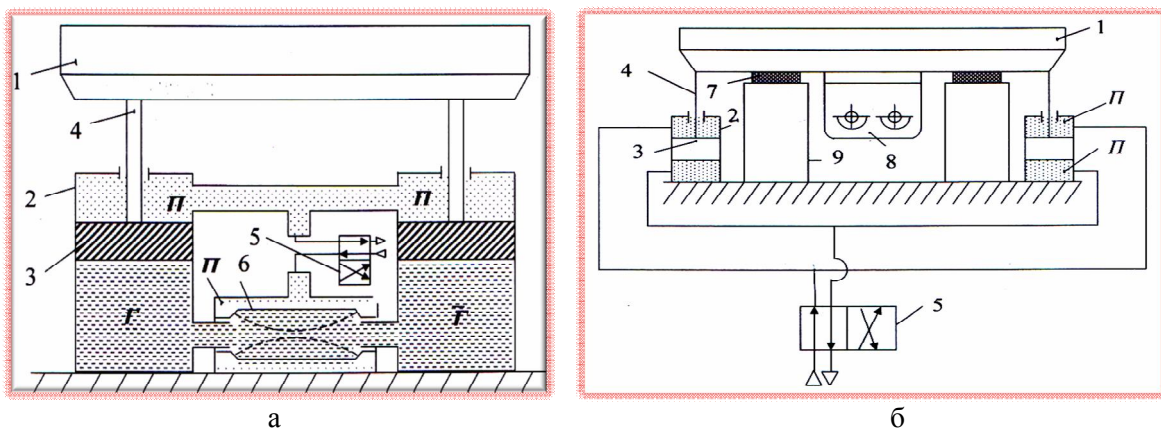


Рис. 4 – Виброплощадки с пневмогидравлическим (а) и комбинированным (б) приводами:
1 – стол; 2 – цилиндр; 3 – поршень; 4 – шток; 5 – распределитель; 6 – эластичная оболочка; 7 – упругий элемент; 8 – вибратор; 9 – опора

Выводы

Дано научное обоснование возможности применения новых пневмовибрационных машин для формирования бетонных изделий. Представлена математическая модель пневмовибрационной формовочной машины, позволяющая исследовать динамику рабочего органа с учетом изменяемых характеристик бетонной смеси. Разработаны принципиальные положения по созданию и расчёту пневмовибрационных формовочных машин. Созданы новые формовочные машины с пневматическим, пневмогидравлическим и комбинированным приводом для формирования бетонных изделий.

Список использованных источников:

1. Емельяненко Н.Г. Аспекты динамики виброформовочных машин с приводами, включающими элементы текучей среды / Н.Г. Емельяненко // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. - №30. – С. 128-133.
2. Емельяненко Н.Г., Исследование динамики вибромашины с комбинированным приводом / Н.Г. Емельяненко, О.В. Стаховский, В.В. Герасименко // Автошляховик України. – Київ. : ДП «ДЕРЖАВТОТРАНСНДІ-ПРОЕКТ», УКРАВТОДОР, 2004.- №4 (180).- С.38-40.
3. Емельяненко Н.Г. Трактовка результатів експериментальних досліджень виброустановки з пневматическим приводом / Н.Г. Емельяненко // Науковий вісник будівництва. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2009. Вип. 52. – С. 352-356.
4. Емельяненко Н.Г. Совершенствование методик расчёта вибропрессов для производства мелкоштучных бетонных изделий / Н.Г. Емельяненко // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. – Полтава: Полт НТУ, 2009. – Вип. 23, т.1. – С. 134-140.
5. Ємельяненко М.Г. Створення обладнання з пневмогідроприводом для формування дрібно-

штучних виробів / Н.Г. Емельяненко // Український міжвідомчий науково-технічний збірник «Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні». – Львів. : Видавництво Львівської політехніки, 2011. Вип. 45. – С. 198-205.

6. Емельяненко М.Г. Розробка та дослідження обладнання з пневмогідролічним приводом для формування елементів конструкцій / Емельяненко М.Г. // Науковий вісник будівництва. – Харків. : ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. Вип. 65. – С. 371-375.

Bibliography:

1. Emelianenko N.G. Aspects of the dynamics of виброформовочных machines with pretexts, including elements of a fluid medium. N.G. Emelianenko // journal of the National technical University «Kharkov Polytechnic Institute». Collection of scientific works. – Kharkiv. : NTU «KhPI». - 2006. - №30. - With. 128-133. (Ukr.)
2. Emelianenko N.G., Stakhovsky A.V., Gerasimenko VLADIMIR. Study of the dynamics of вибромашины with combined drive. N.G. Emelianenko, A.V.Stakhovsky, Gerasimenko // Of Ukraine. – Kyiv. : state enterprise «DERGAVTOTRANSHDI-PROJECT», UKRAVTODOR, 2004. - №4 (180). - P.38-40. (Ukr.)
3. Emelianenko N.G. Interpretation of the results of the experimental research виброустановки with pneumatic actuator. N.G. Emelianenko // Scientific Bulletin of the construction. – Kharkiv. : HGTUSA, HOTV ABU, 2009. Vol. 52. - With. 352-356. (Ukr.)
4. Emelianenko N.G. Improvement of calculation methods вибропрессов for the production of small sized concrete products N.G. Emelianenko // Collection of scientific works. Series: industry machine building, construction. – Poltava: PoltSTIs, 2009. - Vol. 23, Vol.1. – With. 134-140. (Ukr.)
5. Emelianenko N.G. Creation of the equipment with пневмогідроприводом for the formation of small sized products N.G. Emelianenko // Ukrainian interdepartmental scientific and technical collection «automation of production processes in machine-building and instrument-making». – Kyiv. : Publishing house of Lviv polytechnics, 2011. Vol. 45. - With. 198-205. (Ukr.)
6. Emelianenko N.G. Development and research of the equipment with пневмогідролічним the reason for the formation of structural elements N.G. Emelianenko // Scientific Bulletin of the construction. – Kharkiv. : HGTUSA, HOTV ABU, 2011. Vol. 65. - With. 371-375. (Ukr.)

Рецензент: Н.С. Болотских
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ХНУСА»

Статья поступила 22.04.2012

УДК 621.93.023

©Лоза Е.А.*

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ОБРАБОТКИ ВПАДИН ЗУБЬЕВ НА ПЛОСКОСТНОСТЬ ПИЛЬНЫХ ДИСКОВ ПРИ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБКАТКЕ

Представлены экспериментальные данные по исследованию плоскостности пильных дисков. Получена корреляционная связь между величинами торцевого биения дисков до и после операции накатки.

Ключевые слова: *пильные диски, упрочняющая обкатка, торцевое биение, корреляционная связь.*

* канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь