

# ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ОПИСАНИЯ ПРОЦЕССА ВИБРООБРАБОТКИ С ВНЕШНИМ ИСТОЧНИКОМ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

**М.А. Калмыков**

Кандидат технических наук\*

**В.Б. Струтинский**

Доктор технических наук, заведующий кафедрой\*

\*Кафедра конструирования станков и машин

Механико-машиностроительный институт Национальный  
технический университет «Киевский политехнический  
институт»

пр-т Победы, 37, г. Киев, Украина, 03056

Контактный тел.: (044) 454-94-61

**В.С. Щелоков**

Кандидат физико-математических наук, доцент

Кафедра прикладной математики

Восточноукраинский национальный университет

им. Владимира Даля

кв. Молодежный, 20А, г. Луганск, Украина, 91034

Контактный тел.: 095-395-10-01

*У роботі у рамках феноменологічного підходу сформульовано основні вимоги до математичної моделі руху робочого середовища у вібраційних верстатах з плоскою траєкторією руху, коли змінне силове поле збудження створюється зовнішнім джерелом динамічного впливу*

*Ключові слова: віброобробка, вихресток, тензори першої і другої в'язкості, глибина знімання матеріалу*

*В работе в рамках феноменологического подхода сформулированы основные требования к математической модели движения рабочей среды в вибрационном станке с плоской траекторией движения, когда переменное силовое поле возбуждения создается внешним источником динамического воздействия*

*Ключевые слова: виброобработка, вихресток, тензоры первой и второй вязкости, глубина съема материала*

*In-process within the framework of phenomenological approach the basic requirements are formulated to the mathematical model of motion of working environment of vibrosetting in flat case, when the external variable power field of excitation has a turbulent constituent*

*Keywords: vibrotreatment, vortex drain, tensors of the first and second viscosity, depth of output of material*

## 1. Введение

Современные математические построения по теории виброобработки деталей [1 - 3] базируются на одном и том же унифицированном подходе: исходной позицией является рассмотрение некоторого контейнера с фиксированной геометрией, заполненного рабочей средой вместе с обрабатываемыми деталями и находящегося в условиях сколь угодно длительного периодического вибровозбуждения. Описание движения рабочей среды представляет собой контактную задачу, которая существенно учитывает краевые условия. Легко видеть, что точное решение этой задачи предполагает ее детерминированный характер, являющийся следствием полного задания поведения содержимого контейнера на его границе. Но это не представляется возможным даже для простейшей геометрической конфигурации границы. Таким образом, создание теории виброобработки в отдельно взятом

контейнере не приводило, не приводит и не приведет к описанию общих закономерностей взаимодействия обрабатывающей рабочей среды с обрабатываемыми деталями, которые вывели бы исследовательский процесс на определенные технологические решения и рекомендации, включающие в себя возможность управления производительностью обработки на основе сочетания значений конструктивных параметров задачи. Без нового последовательного системного подхода к созданию теории виброобработки нельзя рассчитывать на четкую прикладную перспективу исследований, основанную на эффективной технологии. Эта ситуация подчеркивает хроническую слабость упоминавшейся ранее концепции виброобработки (а в некоторых случаях использование совершенно неприемлемых исследовательских схем [4]), когда совершенствование конструкции контейнеров проводится в результате анализа многочисленных экспериментальных данных по методу проб и ошибок без

учета строгих критериев эффективности и в условиях отсутствия теоретических результатов общего характера.

**2. Формулировка проблемы**

Рассмотрим плоскую задачу, связанную с описанием процесса движения среды, заполняющую в начальный момент времени  $t=0$  в состоянии покоя всю евклидову плоскость  $R^2$  с декартовой прямоугольной системой координат  $XOY$ . Здесь и в дальнейшем будем различать два состояния рабочей среды:  $a$  - состояние (априорное состояние покоя) и  $e$  - состояние (состояние возбуждения). Отметим, что рабочая среда переходит по предположению из однородного и изотропного  $a$  - состояния в  $e$  - состояние (« $a$  -  $e$ » переход) с помощью внешнего переменного плоскопараллельного поля  $\vec{F}(N,t)$ ,  $N(x,y) \in R^2$ , которое включается в момент времени  $t=0$  и которое представляет собой общую модель вибровозбуждения. Термин «общая модель» нужно понимать в том смысле, что при специальном задании виброполя  $\vec{F}(N,t)$  можно изучать плоскую задачу и в ограниченной односвязной области  $G \subset R^2$ .  $a$  - состояние и  $e$  - состояние рабочей среды будут характеризоваться своими наборами параметров, которые мы будем фиксировать индексами соответственно « $a$ » или « $e$ ». Например, массовую поверхностную плотность рабочей среды обозначим символом  $\rho_a = m_a n_a$ , где  $m_a$  - масса отдельной гранулы,  $n_a$  - поверхностная плотность гранул и т.д.

Формулировка проблемы « $a$  -  $e$ » перехода рабочей среды сводится к следующему: исследовать отклик рассматриваемой многочастичной системы на внешнее переменное поле  $\vec{F}(N,t)$  и процесс взаимодействия возникающих при этом массовых потоков с обрабатываемыми деталями как основной теоретико-технологический рабочий механизм. Следует заметить, что полное описание отклика рабочей среды на действие силового виброполя  $\vec{F}(N,t)$  должно проводиться в терминах величин  $\{\rho_e(N,t), \vec{\pi}_e(N,t), \epsilon_e(N,t)\}$ , где  $\rho_e(N,t)$  - поверхностная плотность массы,  $\vec{\pi}_e(N,t)$  - поверхностная плотность импульса,  $\epsilon_e(N,t)$  - поверхностная плотность энергии. В данном случае основным параметром является массовая плотность  $\rho_e(N,t)$ , через которую легко выражаются остальные параметры. Это обстоятельство связано с тем, что движение рабочей среды в присутствии внешнего поля  $\vec{F}(N,t)$  является вынужденным и, поэтому, не носит релаксационного характера. Более того, диссипативные процессы в движущейся рабочей среде обусловлены только механическим рассеянием массы при двух-, трех- и, в общем случае,  $n$ -частичных столкновениях отдельных гранул рабочей среды с их износом. Это так называемое «внутреннее трение» не является эффектом межмолекулярного взаимодействия и не связано с классическими явлениями переноса в жидкостях и газах, которые можно трактовать на языке законов сохранения массы, импульса и энергии, а индуцируется вихревыми свойствами силового поля  $\vec{F}(N,t)$ , приводящего к тензорному виду распределения скоростей в рабочей среде. Сформулируем теперь основные условия и принципы (систему аксиом) построения модели изучаемого процесса:

A1. Рабочая среда в  $a$  - состоянии заполняет всю евклидову плоскость  $R^2$  и имеет поверхностную плотность массы  $\rho_a = m_a n_a$ .

A2. В момент времени  $t=0$  включается внешнее переменное плоскопараллельное силовое поле, обеспечивающее « $a$  -  $e$ » переход и имеющее поверхностную плотность вида

$$\vec{F}(N,t) = \vec{F}_{s.p.}(N,t) + \vec{F}_{r.d.}(N,t), \tag{1}$$

где  $\vec{F}_{s.p.}(N,t)$  - соленоидально-потенциальное поле для которого, за исключением не более счетного числа точек,  $\text{div} \vec{F}_{s.p.}(N,t) = 0$  и  $\text{rot} \vec{F}_{s.p.}(N,t) = 0$ , а  $\vec{F}_{r.d.}(N,t)$  представляет собой турбулентную составляющую с  $\text{rot} \vec{F}_{r.d.}(N,t) \neq 0$  и  $\text{div} \vec{F}_{r.d.}(N,t) \neq 0$ . Легко видеть, что поверхностная плотность сил  $\vec{F}_{r.d.}(N,t)$  - это векторная случайная величина, заданная на некотором исходном вероятностном пространстве  $\{\Omega, U, P\}$ , где  $\Omega = \{\omega\}$  - пространство элементарных событий  $\omega$ ,  $U = \{A\}$  - алгебра (или  $\sigma$  - алгебра) случайных событий  $A$  и  $P = P(A)$  - функция вероятности. Выбор соответствующего вероятностного пространства определяется особенностями механизма вибровозбуждения и в данной работе детально исследоваться не будет.

A3. В  $e$  - состоянии рабочая среда рассматривается как двухкомпонентная среда с качественно различными компонентами: первая компонента – собственно гранулы рабочей среды, состоящие из частиц массой  $m_{1e}(t)$  и имеющие плотность потока массы

$$\vec{\pi}_{1e}(N,t) = m_{1e}(t) n_{1e}(N,t) \vec{v}_{1e}(N,t), \tag{2}$$

где  $n_{1e}(N,t)$  - плотность числа частиц в точке  $N = N(x,y)$ , а  $\vec{v}_{1e}(N,t)$  - скорость рабочей среды в точке  $N = N(x,y)$ , и вторая компонента – совокупность точечных вихрестокков с массой  $m_{2e}(t)$  и плотностью потока массы

$$\vec{\pi}_{2e}(N,t) = m_{2e}(t) n_{2e}(N,t) \vec{w}_{2e}(N,t), \tag{3}$$

где  $n_{2e}(N,t)$  - плотность числа вихрестокков в точке  $N = N(x,y)$ , а  $\vec{w}_{2e}(N,t)$  - скорость потока вихрестокков в точке  $N = N(x,y)$ .

Зависимость между скоростями  $\vec{v}_{1e}(N,t)$ ,  $\vec{w}_{2e}(N,t)$  и внешним силовым полем  $\vec{F}(N,t)$  будет установлена ниже.

A4. Наличие в структуре внешнего силового поля (1) турбулентной составляющей  $\vec{F}_{r.d.}(N,t)$  способствует появлению в рабочей среде вихрестокков с плотностью  $n_{2e}(N,t)$ , которая является случайной функцией. Определим среднее значение плотности  $n_{2e}(N,t)$  с помощью динамического предельного перехода

$$n_{2e}(t) \equiv \langle n_{2e}(N,t) \rangle \stackrel{\text{def}}{=} \lim_{S \rightarrow \infty} \frac{1}{\mu(S)} \iint_S n_{2e}(N,t) d\sigma_N, \tag{4}$$

где  $d\sigma = dx dy$ , а  $\mu(S)$  - площадь односвязной области  $S \subset R^2$ .

Таким образом, динамическую плотность вихрестокков  $n_{2e}(t)$  можно рассматривать как случайный процесс с дискретным или непрерывным параметром  $t$ ,  $t \geq 0$ . Заметим здесь, что смысл предельного перехода (4) состоит в том, чтобы исключить влияние границ и, тем самым, соответствовать духу основной задачи.

A5. Вихресток представляет собой объединение в одной точке  $M_0(x_0, y_0) \in R^2$  вихря с интенсивностью  $E(t)$  и виртуального стока с интенсивностью  $H(t)$ , так что

$$H(t) = \lambda E(t), \quad t \geq 0, \quad 0 < \lambda < 1, \quad (5)$$

где  $\lambda$  - коэффициент рассеяния совокупности массы гранул в вихрестоке.

Соотношение (5) указывает на специфику вихрестока: т.к.  $\text{rot} \vec{F}_{r.d.}(M_0, t) \neq 0$ , то циркуляция векторного поля  $\vec{F}_{r.d.}(N, t)$  приводит из-за эффекта внутреннего трения в рабочей среде к рассеянию массы с интенсивностью  $H(t)$ , что эквивалентно действию стока в точке  $M_0(x_0, y_0)$ . Точка  $M_0(x_0, y_0)$  движется в рабочей среде вдоль линии разрыва функции  $\vec{F}_{r.d.}(N, t)$  по траектории

$$x_0 = x_0(t), \quad y_0 = y_0(t), \quad t \geq 0. \quad (6)$$

A6. Перенос массы двухкомпонентной рабочей среды в присутствии внешнего силового поля  $\vec{F}(N, t)$  (1) с турбулентной составляющей  $\vec{F}_{r.d.}(N, t)$  происходит вдоль линий тока силового соленоидально-потенциального поля  $\vec{F}_{s.p.}(N, t)$  со скоростью:

Для первой компоненты

$$v_{1ei}(N, t) = \iint_{R^2} \varepsilon_{ik}^{(1)}(N - P, t - \tau) F_{s.p.k}(P, \tau) d\tau d\sigma_p, \quad (7)$$

а для второй компоненты, движущейся вдоль линии тока поля  $\vec{F}_{s.p.}(N, t)$  по траектории линии разрыва турбулентной составляющей  $\vec{F}_{r.d.}(N, t)$

$$w_{2ei}(N, t) = \iint_{R^2} \varepsilon_{ik}^{(2)}(N - P, t - \tau) F_{s.p.k}(P, \tau) d\tau d\sigma_p. \quad (8)$$

Двухвалентные тензоры, фигурирующие в формулах (7) и (8), необходимо рассматривать как коэффициенты  $\varepsilon_{ik}^{(1)}(N, t)$ ,  $\varepsilon_{ik}^{(2)}(N, t)$  соответственно первой и второй «вязкости» в двухкомпонентной рабочей среде.

A7. Будем полагать, что радиус  $r$  вихрестока распределен по нормальному закону с математическим ожиданием  $a=0$  и среднеквадратическим отклонением  $\sigma = \sigma(t)$ , являющемся функцией параметра  $t$ , т.е. плотность вероятности случайной величины  $r$  равна

$$P_{0,\sigma}(r) = \frac{r}{\sigma^2(t)} \cdot e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2(t)}}. \quad (9)$$

Действие виброполя  $\vec{F}(N, t)$  (1) происходит на временном промежутке  $[0, T]$ , где  $T$  - время технологической функциональности рабочей среды, когда рассеяние массы, вызванное износом гранул, не достигло критического уровня. Если критическая масса гранулы равна  $m_{kp} = \beta m_a$ ,  $0 < \beta < 1$ , то значение параметра  $T$  находится из уравнения

$$m_{1e}(T) = \beta m_a. \quad (10)$$

Если  $\tau_{teq}$  - технологическое время обработки детали в присутствии виброполя (1)  $\vec{F}(N, t)$ , то критерий эффективности этого процесса имеет вид

$$\tau_{teq} \leq T, \quad (11)$$

где  $T$  - решение уравнения (10).

Возвращаясь к соотношению (9), легко заметить, что

$$\lim_{t \rightarrow T} \sigma(t) = 0. \quad (12)$$

A8. Будем полагать, что наличие в рабочей среде обрабатываемых тел не влияет на геометрию полевой сетки виброполя (1)  $\vec{F}(N, t)$  и на распределение массовых потоков.

### 3. Результаты исследования

Построим, основываясь на аксиомах A1-A8, сформулированных в предыдущем пункте, математический аппарат исследования контактной задачи совместного движения среды, состоящей из единичных гранул и обрабатываемых деталей в присутствии внешнего виброполя  $\vec{F}(N, t)$  (1). Очевидно, что решение этой проблемы связано с нахождением плотности потока массы  $\vec{\pi}_e(N, t)$ , которая с учетом формул (2) и (3), имеет вид

$$\vec{\pi}_e(N, t) = m_{1e}(t) n_{1e}(N, t) \vec{v}_{1e}(N, t) + m_{2e}(t) n_{2e}(N, t) \vec{w}_{2e}(N, t), \quad (13)$$

где скорости  $\vec{v}_{1e}(N, t)$ ,  $\vec{w}_{2e}(N, t)$  определяются равенствами соответственно (7) и (8).

Заметим здесь, что в формуле (12) величины  $m_{1e}(t)$ ,  $n_{1e}(N, t)$ ,  $m_{2e}(t)$  носят детерминированный характер, а величина  $n_{2e}(N, t)$  является случайной функцией. Найдем прежде всего массу вихрестока  $m_{2e}(t)$ . Так как геометрические характеристики вихрестока не зависят от его положения на плоскости  $R^2$ , то для простоты последующих построений поместим вихресток в начало координат  $O(0,0)$ , предполагая его радиальную симметрию. Найдем с помощью формулы (9) средний радиус  $\bar{r}$  вихрестока

$$\bar{r} = \bar{r}(t) = \int_0^\infty r P_{0,\sigma}(r) dr = \frac{1}{\sigma^2(t)} \int_0^\infty r^2 e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2(t)}} dr = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma(t). \quad (14)$$

Вычислим циркуляцию точечного вихря (рис. 1)

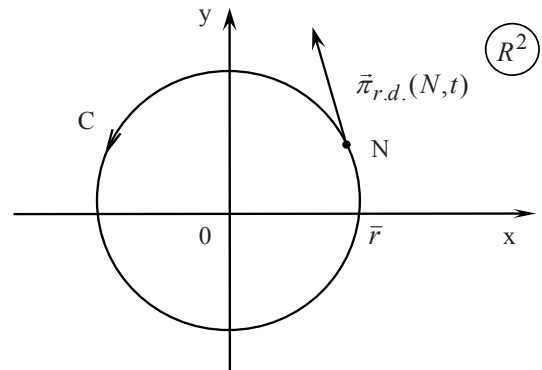


Рис. 1. Вихресток с центром в начале координат и средним радиусом  $\bar{r}$

$$E(t) = \oint_C (\vec{\pi}_{r.d.}(N, t), d\vec{S}_t), \quad C: x^2 + y^2 = \bar{r}^2, \quad (15)$$

где плотность потока массы вихря  $\vec{\pi}_{r.d.}(N, t)$  равна

$$\bar{\pi}_{r.d.}(N,t) = m_{1e}(t)n_{1e}(N,t)\bar{v}(N,t), \quad (16)$$

$$\bar{v}(N,t) = K(N,t)\bar{F}_{r.d.}(N,t).$$

В формуле (16)  $K(N,t)$  означает коэффициент турбулентности потоков в поле  $\bar{F}_{r.d.}(N,t)$ .

Подставляя (1) в (15), получим

$$E(t) = m_{1e}(t) \oint_C n_{1e}(N,t)K(N,t)(\bar{F}_{r.d.}(N,t), d\bar{S}_\tau). \quad (17)$$

Учитывая, что  $d\bar{S}_\tau = \bar{S}_0 dS$ , где  $\bar{S}_0$  - единичный вектор касательной к контуру  $C$  в точке  $N$ ,  $\bar{F}_{r.d.}(N,t) \parallel \bar{S}_0$  на основании (17) окончательно получим

$$E(t) = m_{1e}(t)\bar{r}(t) \int_0^{2\pi} n_{1e}(N,t)K(N,t)|\bar{F}_{r.d.}(N,t)|d\varphi. \quad (18)$$

Так как начальная масса вихресточка равна  $m_{2e}(0) = \pi m_a n_a \bar{r}^2(0)$ , то для величины  $m_{2e}(t)$  справедливо равенство

$$m_{2e}(t) = m_{2e}(0) - \lambda \int_0^t E(\tau) d\tau = \pi m_a n_a \bar{r}^2(0) - \lambda \int_0^t \int_0^{2\pi} m_{1e}(\tau)\bar{r}(\tau)n_{1e}(N,\tau)K(N,\tau)|\bar{F}_{r.d.}(N,\tau)|d\tau d\varphi, \quad (19)$$

$$\bar{r}(t) = \sqrt{\frac{\pi}{2}}\sigma(t).$$

Далее, выпишем уравнение для нахождения величин  $m_{1e}(t)$  и  $n_{1e}(N,t)$ . Для  $m_{1e}(t)$  получим

$$\begin{cases} \frac{dm_{1e}(t)}{dt} = -\alpha m_{1e}(t)n_{1e}(t), & \alpha > 0, \\ m_{1e}(0) = m_0. \end{cases} \quad (20)$$

В уравнении (20) величина  $n_{1e}(t)$  определяется равенством

$$n_{1e}(t) \equiv \langle n_{1e}(N,t) \rangle = \lim_{S \rightarrow \infty} \frac{1}{\mu(S)} \iint_S n_{1e}(N,t) d\sigma_N. \quad (21)$$

Для плотности первой компоненты  $n_{1e}(N,t)$  будем иметь

$$\begin{cases} \frac{dn_{1e}(N,t)}{dt} = \alpha' n_{1e}(N,t)n_{2e}(t)|\bar{v}_{1e}(N,t) - \bar{w}_{2e}(N,t)| - \alpha'' n_{1e}(N,t), & \alpha', \alpha'' > 0, \\ n_{1e}(N,0) = n_0. \end{cases} \quad (22)$$

В уравнении (22) скорости  $\bar{v}_{1e}(N,t)$ ,  $\bar{w}_{2e}(N,t)$  определяются формулами соответственно (7) и (8), а  $\alpha'$  и  $\alpha''$  обозначают некоторые, пока неизвестные коэффициенты.

Решение уравнения (20) имеет вид:

$$m_{1e}(t) = m_0 \exp\left\{-\alpha \int_0^t n_{1e}(\tau) d\tau\right\}. \quad (23)$$

Так как величина  $n_{1e}(t)$  в (23) монотонно не убывает, то из (23) следует предельное равенство

$$\lim_{t \rightarrow \infty} m_{1e}(t) = 0. \quad (24)$$

Для уравнения (22) решение примет форму

$$n_{1e}(N,t) = n_0 \exp\left\{\alpha' \int_0^t n_{2e}(\tau)|\bar{v}_{1e}(N,\tau) - \bar{w}_{2e}(N,\tau)|d\tau - \alpha'' t\right\}. \quad (25)$$

Выполняя в (25) операцию динамического предельного перехода и подставляя результат в (23) получим явное выражение для величины  $m_{1e}(t)$ ,  $t \geq 0$ . Отметим здесь, что формула (25) в развернутом виде включает в себя, с учетом определений (7), (8) тензоры первой и второй вязкости  $\epsilon_{ik}^{(1)}(N,t)$ ,  $\epsilon_{ik}^{(2)}(N,t)$ . Величину  $n_{2e}(t)$  тоже можно считать определенной, если рассматривать ее как некоторый случайный процесс (например, процесс Пуассона).

Опишем теперь взаимодействие структурированной двухкомпонентной рабочей среды с обрабатываемой однородной деталью, учитывая аксиому А8. Обрабатываемая деталь представляется в виде ограниченной односвязной областью  $\Sigma \subset R^2$ , с центром масс в точке  $P$ , имеющая кусочно-гладкую границу  $L$ , массу  $M$ , скоростью  $\bar{u}(N,t)$  в точке  $N$  и единичный вектор внешней нормали  $\bar{n}$  в точке  $N$  (рис. 2).

Контакт гранул рабочей среды с телом  $\Sigma$  вдоль границы  $L$  на временном промежутке  $[0,t]$  приводит к съему массы  $\Delta M(t)$ , определяемой ниже приведенной зависимостью

$$\begin{aligned} \Delta M(t) = & \chi_1 \int_0^t d\tau \int_L dl m_{1e}(\tau) n_{1e}(N,\tau) |(\bar{v}_{1e}(N,\tau) - \bar{u}(N,\tau), \bar{n}(N,\tau))| + \\ & + \chi_2 \int_0^t d\tau \int_L dl m_{2e}(\tau) n_{2e}(N,\tau) |(\bar{w}_{2e}(N,\tau) - \bar{u}(N,\tau), \bar{n}(N,\tau))|, \quad (26) \\ & \chi_1, \chi_2 > 0. \end{aligned}$$

В равенстве (26)  $\chi_1$  и  $\chi_2$  обозначают коэффициенты съема материала обрабатываемого изделия  $\Sigma$ .

В силу (26) глубина  $h = h(t)$  съема материала за время  $t$  равна

$$h(t) = \frac{\mu(\Sigma)}{LM} \Delta M(t). \quad (27)$$

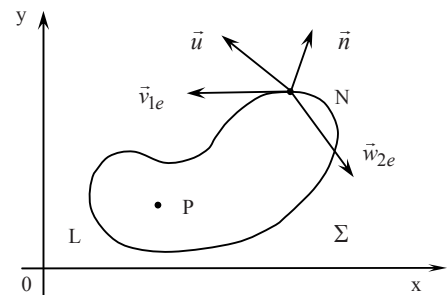


Рис. 2. Схема контакта рабочей среды с обрабатываемым телом  $\Sigma$  в точке  $N$

#### 4. Выводы

Математические построения, проведенные в данной работе, носят общий характер и в большей степени определяют направление, в котором должна развиваться

теория виброобработки. Более детальное исследование геометрии сетки векторного поля (1)  $\vec{F}(N,t)$  приведет к конкретным технологическим рекомендациям, связанных с параметрами используемых на практике форм контейнеров ВиО станков в процессе их работы.

#### Литература

1. Кулаков Ю.М. Отделочно-зачистная обработка деталей / Ю.М. Кулаков, В.А. Хрульков. – М.: Машиностроение, 1979. - 216 с.
2. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей. – М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
3. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. – Ростов н/Д: Издательство центр ДГТУ, 2008. – 694 с.
4. Мицык А.В. Определение влияния параметров виброобработки на величину давления гранул и деталей / А.В. Мицык // Вибрации в технике и технологиях. - 2010. – № 3(59). – с. 75-79.

*У роботі виведено формулу, що визначає залежність коефіцієнта тертя бігунка об кільце веретена кільцепрядильної машини від вібрації веретена. Розраховано коефіцієнт тертя за інших рівних умов проведення дослідження*

*Ключові слова: бігунки, веретено, вібрація, кільце прядильна машина*

*В работе выведена формула, определяющая зависимость коэффициента трения бегунка о кольцо веретена кольцепрядильной машины от вибрации веретена. Рассчитан коэффициент трения при других равных условиях проведения исследования*

*Ключевые слова: бегунок, веретено, вибрация, кольцепрядильная машина*

*A formula, determining dependence of coefficient of friction of sulky at the ring of spindle of spinning machine from the vibration of spindle, is in-process shown out. The coefficient of friction is expected at other equal terms of leadthrough of research*

*Keywords: sulky, spindle, vibration, spinning machine*

Отсутствие инвестиций в основной капитал вынуждает текстильные предприятия использовать технологическое оборудование, установленное еще в 70-80 гг. прошлого столетия. К настоящему времени такое оборудование морально и физически изношено и считается низкопроизводительным. Основным условием снижения себестоимости производства и повышения качества пряжи является достижение максимально высокой эффективности используемых машин прядильного производства,

что возможно только при широком внедрении новых технических средств и совершенствовании технологий.

Проведенный анализ влияния различных факторов на повышение эффективности работы кольцепрядильных машин выявил, что одной из основных причин, ограничивающих частоту вращения веретен и, соответственно, производительность машин, является малая долговечность бегунков и, следовательно, остановка машины для его замены.

УДК 677.051.125.2

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ ВЕРХНЕЙ ОПОРЫ ВЕРЕТЕНА КОЛЬЦЕПРЯДИЛЬНОЙ МАШИНЫ

**О.А. Войтович**

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра основ конструирования

Херсонский национальный технический университет

Бериславское шоссе, 24, г. Херсон, Украина, 73008

Контактный тел.: 095-096-89-01

E-mail: polina.volya@mail.ru