

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

МЕХАНИКА
МУАММОЛАРИ

O‘ZBEKISTON
JURNALI

1
2016

УЗБЕКСКИЙ
ЖУРНАЛ

ПРОБЛЕМЫ
МЕХАНИКИ

Журнал под таким названием издается с января 1992 г.

Ташкент – 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор - акад. АН РУз Т.Р. РАШИДОВ
Зам. главного редактора - акад. АН РУз Р.Г. МАХКАМОВ
Зам. главного редактора, и.о. секретаря – докт. техн. наук, проф. Г.Х. ХОЖМЕТОВ

Члены редколлегии: докт. техн. наук, проф. А. АБДУСАТТАРОВ,
докт. физ.-мат. наук Р.А. АБИРОВ, докт. техн. наук, проф. Р.И. БАЙМЕТОВ,
докт. техн. наук Г.А. БАХАДИРОВ, докт. физ.-мат. наук, проф. А.Б. БЕГМАТОВ,
докт. техн. наук А.Д. ДАМИНОВ, докт. техн. наук, проф. А. ДЖУРАЕВ,
докт. физ.-мат. наук, проф. Н.А. КОРШУНОВА, докт. техн. наук, проф. Ш. МАМАТКУЛОВ,
докт. физ.-мат. наук, проф. Б.М. МАРДОНОВ, докт. техн. наук, проф. Э.Ж. МАХМУДОВ,
докт. техн. наук, проф. А.А. РИЗАЕВ, докт. техн. наук, проф. З. СИРОЖИДДИНОВ,
докт. физ.-мат. наук, проф. Б.Х. ХУЖАЁРОВ, докт. техн. наук, проф. А.А. ШЕРМУХАМЕДОВ,
докт. техн. наук, проф. Ш.С. ЮЛДАШЕВ, канд. техн. наук Х.С. САГДИЕВ

В работе редколлегии принимают участие:

докт. техн. наук, проф. А. АБДУЖАББАРОВ,
докт. техн. наук, проф. Е.А. ИСАХАНОВ

Адрес редакции:
100125, Ташкент, Академгородок, Дурмон йули, 31.
Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Телефон: + 99871 262-78-34

Факс: +99871 262-71-52

E-mail: tur.rashidov@list.ru

Редактор: Н.А. Нишонов

Технический редактор: Е.В. Ан

Журнал зарегистрирован Агентством по печати и информации Республики Узбекистан 22.12.2006 г.
Регистрационный номер 0050.

Сдано в набор 20.04.2016. Подписано в печать 16.05.2016.
Формат 60×84 ¹/₈. Гарнитура Times New Roman. Ризография.
Усл.-печ. л. 14.88. Уч.-изд. л. 9.84. Тираж 100. Заказ № .
Цена договорная.

Отпечатано в Минитипографии УД АН РУз:
100047, г. Ташкент, ул. акад. Я. Гулямова, 70.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ В СЛУЧАЕ ПРЕДЕЛЬНОГО ВАРИАНТА ДВУХ НЕПОДВИЖНЫХ ЦЕНТРОВ

Существует проблема оптимизации движения точки переменной массы (центр масс космического аппарата) в гравитационном поле. Вариационная задача в постановке Лоудена [1] заключается в определении силы тяги и оптимальных траекторий точки, движущейся с ограниченным секундным расходом массы m , и сведена к проблеме интегрирования замкнутой гамильтоновой системы четырнадцатого порядка. Данная работа посвящена определению частных интегралов и аналитических решений для участков промежуточной тяги (ПТ) задачи о минимизации характеристической скорости в случае предельного варианта двух неподвижных центров (силовое поле состоит из двух наложенных полей: центрального ньютоновского и однородного). В этом случае силовая функция в цилиндрической системе координат r, φ, z может быть записана в виде [2] $U = \mu / r_1 + kz$, где μ – гравитационный параметр неподвижного центра притяжения; $k > 0$ – постоянная величина; $r_1^2 = r^2 + z^2$, r_1 – расстояние от неподвижного центра до точки; z – ось, направленная вдоль линии центров.

Для участков ПТ ($0 < m < \tilde{m}$) данной задачи в работе [3] методом Леви – Чивита был найден класс частных решений, которому соответствуют круговые траектории, лежащие в плоскостях, перпендикулярных линии центров. Ещё одним методом нахождения частных интегралов дифференциальных уравнений является метод Докшевича, основанный на анализе структуры интегралов, которые ещё не найдены для данной системы уравнений [4]. Применим этот метод для определения траекторий с ПТ, лежащих в плоскостях, перпендикулярных линии центров. В связи с этим в рассматриваемой вариационной задаче потребуем выполнения дополнительного условия

$$z = b, \quad v_3 = \dot{z} = 0, \quad (1)$$

где b – произвольная постоянная.

Тогда гамильтониан задачи в цилиндрической системе координат примет следующий вид [5]:

$$\tilde{H} = H - \gamma_1(e_1^2 + e_2^2 + e_3^2 - 1) - \gamma_2(m(\tilde{m} - m) - \alpha^2) - \gamma(z - b),$$

где

$$H = \lambda_1 \left(\frac{cm}{M} \lambda_1 - \frac{\mu r}{(r+z)^3} + \frac{v_2^2}{r} \right) + \lambda_2 \left(\frac{cm}{M} \lambda_2 - \frac{v_1 v_2}{r} \right) + \lambda_3 \left(\frac{cm}{M} \lambda_3 - \frac{\mu z}{(r+z)^3} + k \right) + \\ + \lambda_4 v_1 + \lambda_5 \frac{v_2}{r} + \lambda_6 v_3 - \lambda_7 m.$$

Здесь v_1, v_2, v_3 – составляющие скорости; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ – составляющие базис-вектора $\vec{\lambda}$; $\lambda_4, \lambda_5, \lambda_6, \lambda_7$ – множители, сопряженные координатами r, φ, z, M ; M – масса точки; $\gamma_1, \gamma_2, \gamma$ – множители Лагранжа, соответствующие уравнениям связей [1, 5]; e_i ($i=1, 2, 3$) – составляющие единичного вектора направления силы тяги; c – относительная скорость истечения продуктов сгорания ($c=\text{const}$).

Условие (1) внесет изменения в уравнения Эйлера – Лагранжа. Поэтому дифференциальные уравнения вариационной задачи примут следующий вид [5]:

$$\dot{v}_1 = \frac{cm}{M} \lambda_1 - \frac{\mu r}{r_1^3} + \frac{v_2^2}{r}; \quad \dot{v}_2 = \frac{cm}{M} \lambda_2 - \frac{v_1 v_2}{r}; \quad 0 = \frac{cm}{M} \lambda_3 - \frac{\mu z}{r_1^3} + k; \quad \dot{r} = v_1; \quad \dot{\varphi} = \frac{v_2}{r}; \quad \dot{z} = v_3; \quad \dot{M} = -m. \quad (2)$$

$$\dot{\lambda}_1 = \lambda_2 \frac{v_2}{r} - \lambda_4, \quad \dot{\lambda}_2 = \frac{1}{r} (-2\lambda_1 v_2 + \lambda_2 v_1 - \lambda_5), \quad \dot{\lambda}_3 = -\lambda_6,$$

$$\dot{\lambda}_4 = \lambda_1 \frac{v_2^2}{r^2} - \lambda_2 \frac{v_1 v_2}{r^2} + \lambda_5 \frac{v_2}{r^2} + \lambda_1 \frac{\mu_1}{r_1^3} - 3\lambda_1 \frac{\mu_1 r^2}{r_1^5} - 3\lambda_3 \frac{\mu_1 z r}{r_1^5}, \quad \dot{\lambda}_5 = 0, \quad (3)$$

$$\dot{\lambda}_6 = -3\lambda_1 \frac{\mu r z}{r_1^5} + \lambda_3 \frac{\mu}{r_1^3} + \gamma, \quad \dot{\lambda}_7 = \frac{cm}{M^2} \lambda.$$

Для гамильтоновой системы (2), (3) четырнадцатого порядка известно только четыре общих интеграла на участках ПТ [3, 5]:

$$\lambda_1^2 + \lambda_2^2 + \lambda_3^2 = 1; \quad \vec{\lambda} \cdot \vec{g} + \vec{\lambda}_r \cdot \vec{v} = h; \quad \lambda_7 M = c; \quad \lambda_5 = a. \quad (4)$$

Этих интегралов недостаточно для определения общего решения. Воспользуемся методом Докшевича. Предположим, что частный интеграл имеет следующую структуру:

$$F(v_1, v_2, \lambda_2, \lambda_6) = \text{const}. \quad (5)$$

Полная производная по времени от интеграла (5) в силу дифференциальных уравнений (2), (3) тождественно равна нулю. Получим линейное однородное уравнение в частных производных первого порядка, которому должна удовлетворять функция F

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial v_1} \left(\frac{cm}{M} \lambda_1 - \frac{\mu r}{r_1^3} + \frac{v_2^2}{r} \right) + \frac{\partial F}{\partial v_2} \left(\frac{cm}{M} \lambda_2 - \frac{v_1 v_2}{r} \right) + \frac{\partial F}{\partial \lambda_2} \left(-2\lambda_1 \frac{v_2}{r} + \lambda_2 \frac{v_1}{r} - \frac{\lambda_5}{r} \right) + \\ + \frac{\partial F}{\partial \lambda_6} \left(-3\lambda_1 \frac{r z \mu}{r_1^5} + \lambda_3 \frac{\mu}{r_1^3} - 3\lambda_3 \frac{\mu z^2}{r_1^5} + \gamma \right) \equiv 0. \end{aligned}$$

Приравняем нулю коэффициенты при величинах, не входящих в интеграл (5). Коэффициент при λ_3 : $\mu \frac{\partial F}{\partial \lambda_6} \left(\frac{1}{r_1^3} - 3 \frac{z^2}{r_1^5} \right) = 0$ приводит к следующему результату:

$$r^2 = 2z^2; \quad r_1^2 = 3z^2; \quad r = b\sqrt{2}, \quad r_1 = b\sqrt{3}; \quad v_1 = \dot{r} = 0. \quad (6)$$

Участок ПТ лежит на окружности, плоскость которой перпендикулярна линии центров, радиус пропорционален расстоянию от неподвижного центра до плоскости окружности. Геометрическим местом точек пересечения окружностей с плоскостью, проходящей через линию центров, является прямая с углом наклона $\alpha \approx 35^\circ$.

Приравняв нулю коэффициенты при $1/M$; λ_1 и $1/r$, получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial v_1} \lambda_1 + \frac{\partial F}{\partial v_2} \lambda_2 = 0, \quad 2 \frac{\partial F}{\partial \lambda_2} \frac{v_2}{r} + 3 \frac{\partial F}{\partial \lambda_6} \frac{z r \mu}{r_1^5} = 0, \\ \frac{\partial F}{\partial v_1} v_2^2 - \frac{\partial F}{\partial v_2} v_1 v_2 + \frac{\partial F}{\partial \lambda_2} \lambda_2 v_1 - \frac{\partial F}{\partial \lambda_5} \lambda_5 = 0, \quad -\frac{\partial F}{\partial v_1} \frac{\mu r}{r_1^3} + \frac{\partial F}{\partial \lambda_6} \gamma = 0. \end{aligned}$$

Так как число уравнений равно числу переменных в интеграле (5), составим определитель

$$\begin{vmatrix} \lambda_1 & \lambda_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \frac{v_2}{r} & 3 \frac{z r \mu}{r_1^5} \\ v_2^2 & 0 & -\lambda_5 & 0 \\ -\frac{\mu r}{r_1^3} & 0 & 0 & \gamma \end{vmatrix} = 0.$$

Рассмотрим случай $\lambda_2 = 0$. Перепишем уравнения (2), (3), учитывая (1) и (6):

$$0 = \frac{cm}{M} \lambda_1 - \frac{\mu \sqrt{2}}{3\sqrt{3}z^2} + \frac{v_2^2}{z\sqrt{2}}, \quad \dot{v}_2 = \frac{cm}{M} \lambda_2, \quad 0 = \frac{cm}{M} \lambda_3 - \frac{\mu}{3\sqrt{3}z^2} + k, \quad (7)$$

$$\dot{\phi} = \frac{v_2}{z\sqrt{2}}; \dot{M} = -m,$$

$$\dot{\lambda}_1 = \lambda_2 \frac{v_2}{z\sqrt{2}} - \lambda_4, \dot{\lambda}_2 = -2\lambda_1 \frac{v_2}{z\sqrt{2}} - \frac{\lambda_5}{z\sqrt{2}}, \dot{\lambda}_3 = -\lambda_6, \quad (8)$$

$$\dot{\lambda}_4 = \frac{v_2}{2z^2}(\lambda_1 v_2 + \lambda_5) - \frac{\mu}{3\sqrt{3}z^3}(\lambda_1 + \lambda_3\sqrt{2}), \dot{\lambda}_5 = 0, \quad (9)$$

$$\dot{\lambda}_6 = -\lambda_1 \frac{\mu\sqrt{2}}{3\sqrt{3}z^3} + \gamma, \dot{\lambda}_7 = \frac{cm}{M^2}. \quad (10)$$

Из (7) получим $v_2 = v_{20}$, $\lambda_1 = -a/2v_2 = \text{const}$. В силу первого соотношения (4) имеем $\lambda_3 = \pm\sqrt{1-\lambda_1^2}$. Сила тяги лежит в плоскости, нормальной к траектории. Множитель γ найдем из уравнения (10): $\gamma = -\mu \frac{\sqrt{2}a}{6\sqrt{3}z^3 v_2} < 0$.

Закон изменения массы определим из интеграла сохранения гамильтониана, учитывая, что функция переключения на участке ПТ равна нулю в случае нефиксированного времени $h=0$ [1]:

$$\lambda_1 \left(\frac{v_2^2}{z\sqrt{2}} - \frac{\mu\sqrt{2}}{3\sqrt{3}z^2} \right) + \lambda_3 \left(k - \frac{\mu}{3\sqrt{3}z^2} \right) + \lambda_5 \frac{v_2}{z\sqrt{2}} = 0.$$

В силу (7) получим $\frac{cm}{M} = \frac{av_2}{z\sqrt{2}}$. Поскольку $\frac{cm}{M} > 0$, то v_2 и a имеют одинаковый знак.

Следовательно, радиальная составляющая силы тяги направлена во внутрь траектории. Обозначим $\frac{av_2}{z\sqrt{2}} = N > 0$. Тогда $M = M_0 \exp\left(-\frac{N}{c}t\right)$. Масса $M(a, v_2, z, t)$ убывает по показательному закону. Оставшееся уравнение (9) даёт условие осуществимости найденного стационарного движения: $27a^2 l^2 v^2 + 4(3\sqrt{3}a^2 l - 8)v + 12a^2 = 0$, где a – произвольная постоянная.

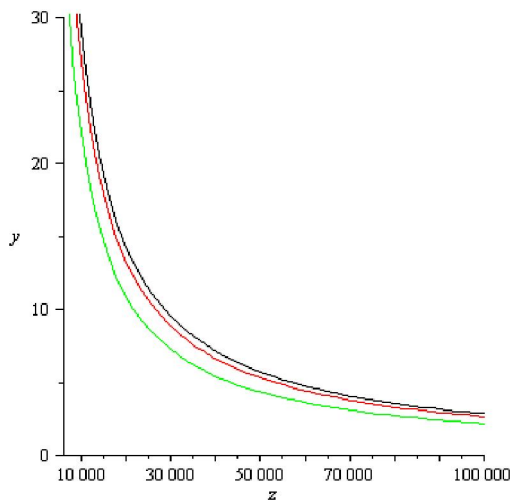


Рис. 1. Зависимость скорости от расстояния z (Земля, Венера, Марс)

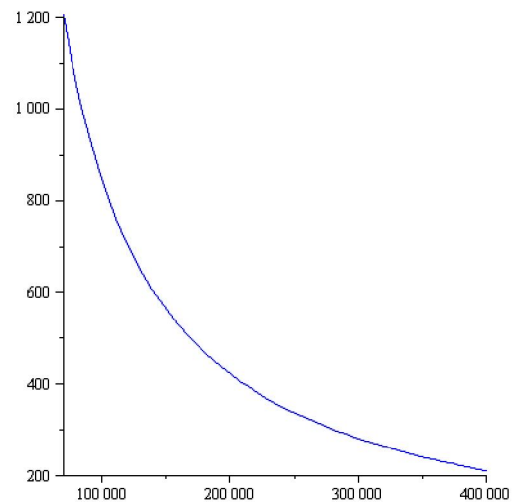


Рис. 2. Зависимость скорости от расстояния z (Юпитер)

На рис. 1 дана зависимость скорости $v(z)$, где z – расстояние от неподвижного центра притяжения до плоскости, содержащей участок ПТ, для трех значений гравитационных параметров

(km^3/c^2) (сверху вниз): $\mu=42800$ (Марс); $\mu=398000$ (Земля); $\mu=326000$ (Венера). По оси абсцисс откладывается z в км, по оси ординат – скорость в км/с. В связи с большим значением гравитационного параметра Юпитера график для него помещен на рис. 2.

Исследуем полученное движение на устойчивость. Дифференциальные уравнения движения точки запишем в виде

$$\dot{v}_1 = fe_1 - \frac{\mu r}{r_1^3} + \frac{v_2^2}{r}; \quad \dot{v}_2 = fe_2 - \frac{v_1 v_2}{r}; \quad \dot{v}_3 = \pm f \sqrt{1 - e_1^2 - e_2^2} - \frac{\mu z}{r_1^3} + k; \quad \dot{r} = v_1; \quad \dot{\varphi} = \frac{v_2}{r}; \quad \dot{z} = v_3;$$

где $e_1 = \lambda_1$; $e_2 = \lambda_2$; $f = cm/M$ – реактивное ускорение.

Невозмущенное движение имеет вид

$$v_1^* = 0, \quad v_2^* = v_{20}, \quad v_3^* = 0, \quad r^* = r_0, \quad \varphi^* = \beta t + \varphi_0, \quad z^* = z_0 \quad (11)$$

где $r_0 = z_0 \sqrt{2}$; $\beta = v_{20} / z_0 \sqrt{2}$; $v_{20} = 2\mu / 3z$.

В качестве управлений возьмём

$$e_1^* = \lambda_{10}, \quad e_2^* = 0, \quad f^* = cm^* / M^*, \quad \lambda_{10} = -a / 2v_{20}; \quad f^* = N = a\beta > 0. \quad (12)$$

В уравнениях возмущенного движения

$$\dot{\vec{x}} = A\vec{x} + B\vec{u} + \vec{g}(x, u) \quad (13)$$

$\vec{g}(x, u)$ – члены порядка выше первого относительно x, u ; $\beta = \frac{v_2}{r}$, $D = \frac{\mu}{3\sqrt{3}z^3} > 0$,

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 2\beta & 0 & D - \beta^2 & 0 & D\sqrt{2} \\ -\beta & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & D\sqrt{2} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{r} & 0 & -\frac{\beta}{r} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad B = \begin{pmatrix} f^* & 0 & \lambda_1 \\ 0 & f^* & 0 \\ \frac{f^* \lambda_1}{\sqrt{1 - \lambda_1^2}} & 0 & \sqrt{1 - \lambda_1^2} \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Уравнения возмущенного движения в первом приближении запишем в виде

$$\dot{x}_1 = \frac{2v_2}{r} x_2 + \left(\frac{\mu}{3\sqrt{3}z^3} - \frac{v_2^2}{r^2} \right) x_4 + \frac{\mu\sqrt{2}}{3\sqrt{3}z^3} x_6 + f^* u_1 + \lambda_1 u_3, \quad \dot{x}_2 = -\frac{v_2}{r} x_1 + f^* u_2, \\ \dot{x}_3 = \frac{\mu\sqrt{2}}{3\sqrt{3}z^3} x_4 + \frac{f^* \lambda_1}{\sqrt{1 - \lambda_1^2}} u_1 + \sqrt{1 - \lambda_1^2} u_3, \quad \dot{x}_4 = x_1, \quad \dot{x}_5 = \frac{x_2}{r} - \frac{v_2}{r^2} x_4, \quad \dot{x}_6 = x_3.$$

Здесь x_i ($i = \overline{1,4}$) – малые возмущения; u_i ($i = 1,2,3$) – дополнительные отклонения управлений сверх программ для погашения возмущенного движения и приближения действительного движения к программному. При $\vec{u} = 0$ имеем задачу об устойчивости по Ляпунову невозмущенного движения $x_i = 0$ ($i = \overline{1,6}$). Составим характеристическое уравнение системы первого приближения $S^2[S^4 + S^2(-D + 3\beta^2) + 2D^2] = 0$. Оно имеет два нулевых корня и хотя бы один действительный положительный корень. Таким образом, найденное движение (11) неустойчиво по Ляпунову по первому приближению. Возникает задача о стабилизации невозмущенного движения (11), т.е. задача о выборе такого регулятора $\vec{u}(t, x)$, при подстановке которого в уравнение (13) невозмущенное движение стало бы асимптотически устойчивым по Ляпунову [6]. Так как ранг матрицы $W = \|B, AB, \dots, A^5 B\|$ в нашем случае равен 6, то система $\dot{\vec{x}} = A\vec{x} + B\vec{u}$ управляема по

первому приближению. Поэтому существует линейный регулятор $\vec{u} = P\vec{x}$ и вопрос о стабилизации решается по линейному приближению $\dot{\vec{x}} = (A + BP)\vec{x}$. Постоянная действительная матрица P должна быть такой, чтобы невозмущенное движение системы $\dot{\vec{x}} = (A + BP)\vec{x} + \vec{g}(x, u)$ было асимптотически устойчиво. Этому условию будет удовлетворять следующая матрица P :

$$P = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_{22} & 0 & 0 & p_{25} & 0 \\ 0 & 0 & p_{34} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad (14)$$

которая выбиралась из условия, чтобы не только действительные части собственных значений матрицы $A + BP$ были отрицательными, но и чтобы она была наиболее простой. Если убрать любой из элементов матрицы (14), то среди корней характеристического уравнения системы первого приближения $|A + BP - SE| = 0$ появится корень с положительной (или с нулевой) действительной частью. Характеристическое уравнение принимает следующий вид:

$$\begin{aligned} & S^6 - fp_{22}S^5 + \left(3\beta^2 - D - \frac{1}{r}fp_{25} - \lambda_1 p_{34}\right)S^4 + \left(fp_{22}(D - \beta^2 + \lambda_1 p_{34})\right)S^3 + \\ & + \left(f\frac{1}{r}p_{25}(D + \beta^2 + \lambda_1 p_{34}) - 2D^2 - D\sqrt{2}p_{34}\sqrt{1 - \lambda_1^2}\right)S^2 + fp_{22}\left(2D^2 + D\sqrt{2(1 - \lambda_1^2)}p_{34}\right)S + \\ & + f\frac{1}{r}p_{25}D\left(2D + p_{34}\sqrt{2(1 - \lambda_1^2)}\right) = 0. \end{aligned}$$

Коэффициенты этого уравнения должны быть положительными и удовлетворять критерию Гурвица. Таким образом, имеем следующие условия на элементы матрицы (14):

$$p_{22} < 0, \quad p_{25} < 0, \quad 0 < \lambda_1 p_{34} < \beta^2 - D, \quad D\sqrt{2(1 - \lambda_1^2)}p_{34} < fr^{-1}p_{25}(D + \beta^2 + \lambda_1 p_{34}) - 2D^2.$$

Следовательно, стабилизирующее управление найдено:

$$\begin{cases} u_1 = 0; \\ u_2 = p_{22}x_2 + p_{25}x_5 = p_{22}v_2 + p_{25}\varphi; \\ u_3 = p_{34}x_4 = p_{34}r. \end{cases}$$

Для стабилизации невозмущенного движения необходимо изменять программу направляющего косинуса силы тяги e_2 и реактивного ускорения f . В процессе движения достаточно учитывать возмущения только трех фазовых координат v_2 , r , φ . Направление тяги формируется с учетом возмущений двух координат v_2 и φ . Для регулирования реактивного ускорения f нужна информация только об одной переменной r .

Работа выполнена при поддержке гранта Ф-4-29.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лоуден Д. Ф. Оптимальные траектории для космической навигации. М.: Мир, 1966.
- [2] Дёмин В. Г. Движение искусственного спутника в нецентральной поле тяготения. М.: Наука, 1968.
- [3] Азизов А. Г., Коршунова Н. А. Об одном классе частных решений вариационной задачи полета в нецентральной поле // Космические исследования. Вып. 4. М., 1980. Т. 18. С. 643 – 646.
- [4] Архангельский Ю. А. Аналитическая динамика твердого тела. М.: Наука, 1977.
- [5] Азизов А. Г., Коршунова Н. А. Вариационные задачи механики космического полета. Учебное пособие. Ташкент: ТашГУ, 1991. – 84 с.
- [6] Гальперин Е. А., Красовский Н. Н. О стабилизации установившихся движений нелинейных управляемых систем // ПММ. Вып. 6. 1963. Т. XXVII.

Н.А. Коришунова, Л.А. Кулдибаева. Икки тортиш марказидан бири чексизликка интилган ҳол учун нуқта ҳаракатини оптималлаштириш

Моддий нуқтани (космик аппаратнинг массалар маркази) ҳаракати вариацион масаласининг оралиқ тортиш қисмига тегишли хусусий аналитик ечими, тортиш марказларидан бири чексизликка интилганда топилган. Аниқланган дастурий ҳаракатларнинг асимптотик устуворлигини таъминлайдиган чизиқли регулятор қурилган.

N.A. Korshunova, L.A. Kuldibaeva. Optimization of point movement in the case of the limiting variant of two fixed centers

The particular analytical solutions for intermediate thrust arcs of the variation problem about point (spacecraft center of mass) movement in the case of limiting variant of two fixed centers were found. The linear regulator providing asymptotic stability of these movements is received.

УДК 531.01

М.Н. СИДИКОВ, Д.А. АХМЕДОВ

КОМБИНИРОВАНИЕ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМАХ С НЕИДЕАЛЬНЫМИ УСЛОВНЫМИ СВЯЗЯМИ

При исследовании движения механических систем с неидеальными связями возникают некоторые вопросы по определению работы сил трения, или, с точки зрения общей теории П. Пенлеве, закона трения системы. Как известно, уравнений Лагранжа второго рода недостаточно для описания движения механических систем с неидеальными геометрическими связями, тем более для систем с условными связями. Несмотря на многочисленные исследования в динамике систем с условными связями, в настоящее время имеется ряд мало изученных вопросов. К ним можно отнести применение метода, разработанного П. Пенлеве [1], к исследованию систем с неидеальными связями. При использовании этого метода к управляемым механическим системам возникает необходимость разработки теории расширенных уравнений движения, позволяющей рационально решать задачи определения параметров управления и анализа динамики систем с условными связями с учетом освобождаемости относительно условных связей.

Рассмотрим механическую систему материальных точек M_k ($k=1, 2, \dots, N$), положение которых в инерциальной системе отсчета определяется их декартовыми координатами x_γ ($\gamma=1, 2, \dots, 3N$). Пусть на точки системы действуют заданные силы $\vec{F}_k(X_v)$, а движение их ограничено совместными и независимыми неидеальными связями первого и второго родов (условные)

$$f_\alpha(x_v, t) = 0 \quad (\alpha = 1, \dots, a), \quad (1)$$

$$\sum_{v=1}^{3N} a_{\beta v} \dot{x}_v + a_\beta = 0 \quad (\beta = 1, \dots, b). \quad (2)$$

Пусть среди связей (1) первые l , а среди связей (2) первые d являются связями первого рода. Если ввести обобщенные координаты q_i и независимые скоростные параметры p_j , то, учитывая только связи первого рода, многообразия допустимых состояний системы можно представить в виде

$$x_v = a_v(q_i, t) \quad (i=1, 2, \dots, 3N-l),$$

$$\dot{x}_v = b_v(q_i, p_j, t),$$

где q_i – независимые лагранжевы координаты; p_j ($j=1, 2, \dots, 3N-(l+d)$) – независимые скоростные параметры.

Так как связи первого рода являются неидеальными, то для сил реакций связей при любых виртуальных перемещениях имеет место условие

$$\sum_{k=1}^N \vec{R}_k \delta \vec{r}_k = \tau \neq 0.$$

При этом силы связей можно разложить на две составляющие $\vec{R}_k^n$ (сила связи) и $\vec{R}_k^\tau$ (сила трения) такие, что

$$\sum_{k=1}^N \vec{R}_k^n \delta \vec{r}_k = 0 ,$$

а векторы $\vec{R}_k^\tau \delta t$ находятся среди возможных перемещений системы. Для составляющих векторов $\vec{R}_N^n$ и $\vec{R}_N^\tau$ имеют место соотношения

$$R_v^n = \sum_{\alpha=1}^l \lambda_\alpha \frac{\partial f_\alpha}{\partial x_v} + \sum_{\beta=1}^d u_\beta a_{\beta v} ,$$

$$R_v^\tau = \sum_{j=1}^{3N-(l+d)} \mu_j \frac{\partial (m_v \dot{x}_v)}{\partial p_j} .$$

Уравнения движения системы можно представить в виде

$$\frac{\partial S'}{\partial \dot{p}_j} = Q'_j + (R_j^\tau)' \quad (j = 1, \dots, 3N - (l + d)), \quad (3)$$

где $Q'_j = \sum_{v=1}^{3N} X_v \frac{\partial b_v}{\partial p_j}$, $(R_j^\tau)' = \sum_{v=1}^{3N} R_v^\tau \frac{\partial b_v}{\partial p_j}$; S' – энергия ускорения системы с учетом связей первого рода. Присоединяя к уравнениям (3) условные связи, предварительно записав их через обобщенные координаты и скоростные параметры

$$f_m(q_i, t) = 0 \quad (m = l + 1, \dots, a), \quad (4)$$

$$\varphi_s(q_i, p_j, t) = 0 \quad (s = d + 1, \dots, b),$$

получим полную систему уравнений управляемой механической системы. Таким образом, если закон трения системы или обобщенные силы, соответствующие силам трения, известны, то движение системы определяется системой уравнений (3) и (4).

Как известно, дальнейшее понижение порядка системы достигается путем приведения условных связей к действительным и обращением в нуль сил реакций условных связей [2]. Если условные связи также являются неидеальными, то при дальнейшем понижении порядка системы придется использовать правила комбинирования связей для всех сил реакций, включая силы реакций первого рода, с приравниванием нулю сил реакций второго рода, что соответствует аксиоме приведения. Действительно, на каждую точку системы, кроме активных сил, действуют две системы сил реакций связей. Эту систему сил также надо разложить на две составляющие $(\vec{R}_k')^n$ и $(\vec{R}_k')^\tau$, при этом элементарная работа сил связей $(\vec{R}_k')^n$ на виртуальных перемещениях, допускаемых условными связями, равна нулю, а векторы $(\vec{R}_k')^\tau \delta t$ находятся среди возможных перемещений системы.

В качестве примера рассмотрим несколько измененную задачу из [3]. На двух противоположно вращающихся с постоянной угловой скоростью цилиндрических шкивах одинакового радиуса r свободно лежит однородный стержень массой M , на котором движется цилиндр массы m , радиуса R без проскальзывания. Коэффициенты трения скольжения между стержнем и валами считаются различными и соответственно равными f_1, f_2 . Требуется с помощью управляющего момента, приложенного к цилиндру, добиться программного движения стержня (рисунок).

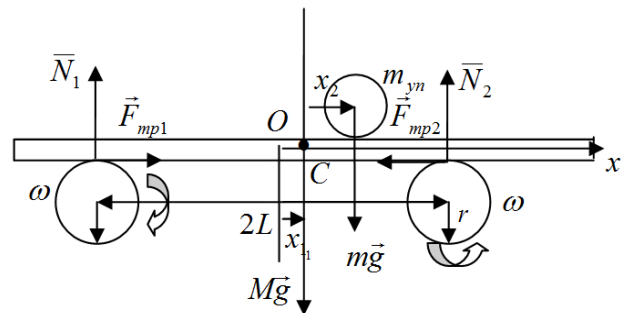


Схема фрикционного механизма

Для определения положения системы введем координаты x_1, x_2 , где x_1 – расстояние от начала координат до центра масс стержня; x_2 – расстояние от центра масс стержня до центра масс цилиндра. Запишем уравнения движения системы в форме П. Аппеля:

$$\frac{\partial S}{\partial \dot{x}_1} = Q'_1 + Q_{mp1}, \quad \frac{\partial S}{\partial \dot{x}_2} = Q'_2 + Q_{mp2}. \quad (5)$$

Энергия ускорения системы имеет следующий вид:

$$S = \frac{1}{2} M \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m (\dot{x}_1 + \dot{x}_2)^2 + \frac{1}{2} J (\varepsilon_1^2 + \omega_1^4). \quad (6)$$

Если предполагать движение цилиндра без проскальзывания, то имеют место соотношения

$$\varepsilon_1 = \frac{\ddot{x}_2}{R}, \quad \omega_1 = \frac{\dot{x}_2}{R}. \quad (7)$$

Подставляя (7) в выражение энергии ускорения, получим

$$S = \frac{1}{2} M \dot{x}_1^2 + \frac{1}{2} m (\dot{x}_1 + \dot{x}_2)^2 + \frac{1}{2} J \left(\frac{\ddot{x}_2^2}{R^2} + \frac{\dot{x}_2^4}{R^4} \right). \quad (8)$$

Для вычисления обобщенных сил трения воспользуемся основными теоремами динамики. Вычислим реакции N_1, N_2 шкивов, взяв соответственно суммы моментов сил относительно точек контакта шкивов со стержнем.

$$N_1 = \frac{g(M+m)(L+x_1) + gmx_2}{2L}, \quad N_2 = \frac{g(M+m)(L-x_1) - gmx_2}{2L}. \quad (9)$$

Согласно закону Кулона, при ненулевой относительной скорости имеют место соотношения

$$F_{mp1} = f_1 N_1 \operatorname{sgn}(\dot{x} - r\omega), \\ F_{mp2} = f_2 N_2 \operatorname{sgn}(\dot{x} + r\omega). \quad (10)$$

Очевидно, что силы трения F_{mp1}, F_{mp2} будут направлены противоположно друг другу в том случае, когда имеет место равенство

$$\operatorname{sgn}(\dot{x} - r\omega) = \operatorname{sgn}(\dot{x} + r\omega) = 1.$$

Данное равенство имеет место при условии, когда абсолютное значение скорости $\dot{x} < r\omega$. Предполагая выполнение условия $\dot{x} < r\omega$ для обобщенных сил трения, имеем

$$Q_{mp1} = F_{mp1} - F_{mp2} = \frac{1}{2L} [g(M+m)L(f_1 - f_2) - g(M+m)(f_1 + f_2)x_1 - gm(f_1 + f_2)x_2],$$

$$Q_{mp2} = 0.$$

Таким образом, уравнения движения системы имеют вид

$$(M+m)\ddot{x}_1 + m\ddot{x}_2 = \frac{1}{2L} [g(M+m)L(f_1 - f_2) - g(M+m)(f_1 + f_2)x_1 - gm(f_1 + f_2)x_2],$$

$$m\ddot{x}_1 + \left(m + \frac{J}{R^2}\right)\ddot{x}_2 = \frac{m_{ep}}{R}. \quad (11)$$

Присоединяя к системе уравнений (11) условную геометрическую связь (программное движение)

$$f(x_1, x_2, t) = 0, \quad (12)$$

получим замкнутую систему относительно координат x_1, x_2 и управляющего момента m_{ep} .

В данной задаче первое уравнение представляет собой уравнение движения цилиндра по стержню, совершающего программное движение (после подстановки закона движения стержня), а второе уравнение используется для определения управляющего момента.

Как известно, возможность трактовки и учета условных связей как действительных называется принципом приведения условных связей к действительным. Использование этого принципа связано с присоединением к системе условий равенства нулю их реакций.

Напишем уравнения движения системы с учетом связи (12). Рассматривая (12) как действительную связь системы, уравнения Аппеля с множителем Лагранжа примут следующий вид:

$$\begin{aligned}\frac{\partial S}{\partial \ddot{x}_1} &= Q'_1 + Q_{mp1} + \lambda \frac{\partial f}{\partial x_1} + \mu, \\ \frac{\partial S}{\partial \ddot{x}_2} &= Q'_2 + Q_{mp2} + \lambda \frac{\partial f}{\partial x_2} + \mu,\end{aligned}\quad (13)$$

где $Q_{mp1} = F_{mp1} - F_{mp2} = \frac{1}{2L}[g(M+m)L(f_1 - f_2) - g(M+m)(f_1 + f_2)x_1 - gm(f_1 + f_2)x_2]$, $Q_{mp2} = 0$,
 $R_1^n = \lambda \frac{\partial f}{\partial x_1}$, $R_2^n = \lambda \frac{\partial f}{\partial x_2}$, $R_1^\tau = \mu$, $R_2^\tau = \mu$.

К полученным уравнениям присоединим соотношения $\lambda \frac{\partial f}{\partial x_1} + \mu = 0$, вытекающие из условия равенства нулю обобщенной силы реакции условной связи, отнесенной к координате x_1 .

Отсюда находим $\lambda = -\mu \left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^{-1}$ и, подставляя во второе уравнение (13), получим

$$\frac{\partial S}{\partial \ddot{x}_2} = Q'_2 + Q_{mp2} + \mu \left(\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^{-1} \frac{\partial f}{\partial x_2} + 1\right) = Q'_2 + Q_{mp2} + u,$$

где $u = \mu \left(\left(\frac{\partial f}{\partial x_1}\right)^{-1} \frac{\partial f}{\partial x_2} + 1\right)$.

В частном случае потребуем реализацию периодического движения стержня $x_1 = A \sin pt$ с помощью управляющего момента, приложенного к цилиндру.

Из уравнений движения (13) получим

$$\begin{aligned}m\ddot{x}_2 &= \frac{1}{2L}[g(M+m)L(f_1 - f_2) - g(M+m)(f_1 + f_2)A \sin pt - gm(f_1 + f_2)x_2] + (M+m)Ap^2 \sin pt, \\ m\ddot{x}_1 - (m + \frac{J}{R^2})Ap^2 \sin pt &= \frac{m_{ep}}{R}.\end{aligned}\quad (14)$$

Первое уравнение можно привести к виду

$$\ddot{x}_2 + k^2 x_2 = a + b \sin pt,$$

где $k^2 = \frac{g(f_1 + f_2)}{2L}$; $a = \frac{g(M+m)(f_1 - f_2)}{2m}$; $b = -\frac{g(M+m)(f_1 + f_2)}{2Lm} + \frac{(M+m)Ap^2}{m}$.

Решение последнего уравнения имеет вид

$$x_2 = C \sin(kt + \alpha) + \frac{a}{k^2} + \frac{b}{k^2 - p^2} \sin pt, \quad (k \neq p),$$

а в резонансном случае $x_2 = C \sin(kt + \alpha) + \frac{a}{k^2} - \frac{bt}{2k^2} \sin pt \quad (p = k)$.

Подставляя полученное решение во второе уравнение (14)

$$m_{ep} = R(m\ddot{x}_1 - (m + \frac{J}{R^2})Ap^2 \sin pt),$$

получим закон изменения управляющего момента, который реализует периодическое движение стержня.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пенлеве П. Лекции о трении. М.: Гостехиздат, 1954.
- [2] Киргетов В.И. О движении управляемых механических систем с условными связями (сервосвязями) // Прикладная математика и механика. Вып. 3. 1967. Т.31. С. 433 – 446.
- [3] Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. М.: Наука, 1991.

Национальный университет Узбекистана
им. Мирзо Улугбека

Дата поступления
23.12.2015

М.Н. Сидиков, Д.А. Ахмедов. Ноидеал шартли боғланиши системаларда комбинациялаш усули

П. Пенлевенинг ноидеал боғланиши системаларга тегишли умумий назарияси асосида, ноидеал шартли боғланишларга эга бўлган системаларда шартли боғланишларни ҳақиқийга келтириши аксиомасини қўллаш масаласи кўриб чиқилган.

M.N. Sidikov, D.A. Ahmedov. There are combining ties in the systems with imperfect conventional ties

The question of the application of the axiom of bringing conditioned connections to the real for controlled mechanical systems on the basis of the general theory of Painleve is considered.

УДК 625

С.Т. ДЖАББАРОВ

ДВИЖЕНИЕ ТОНКОГО ОСЕСИММЕТРИЧЕСКОГО ТЕЛА В ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ, ЗАНЯТОМ СЖИМАЕМЫМ ГАЗОМ

Для исследования динамики движения высокоскоростного пассажирского поезда по принципу «от простого к сложному» моделируем его осесимметричным телом, движущимся в сжимаемой (акустической) среде с постоянной скоростью v_0 . При этом тело движется на высоте h от границы полупространства (рис. 1). Обозначим через L длину тела, R – наибольшее удаление границы тела от оси вращения и примем, что $R/L \ll 1$. Вводим осесимметрические координаты $r = \sqrt{x^2 + y^2}$, z_1 и обозначим через t время. Установим начало координат в среднем сечении тела, направим ось Oz_1 по оси тела, а ось Or – перпендикулярно к ней.

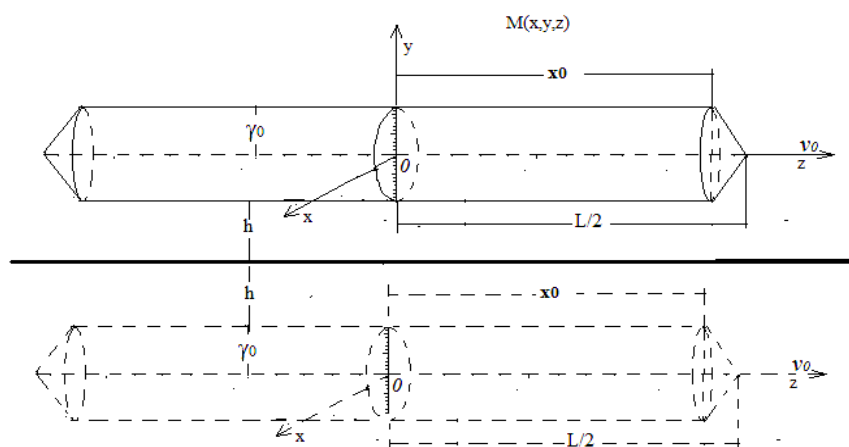


Рис. 1. Схема движения осесимметрического тела в полупространстве

Компоненты скоростей частиц среды по осям координат Oz и Or определяем через потенциал скорости $\varphi_1(r, z_1, t)$ по формулам

$$v_z = \frac{\partial \varphi_1}{\partial z}, \quad v_r = \frac{\partial \varphi_1}{\partial r}. \quad (1)$$

Уравнение распространения акустической волны в среде записываем в виде

$$\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial t^2} = a^2 \left(\frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi_1}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial z_1^2} \right), \quad (2)$$

где a – акустическая скорость звука.

Тело движется вдоль оси Oz_1 . Вводя подвижную систему координат $z = z_1 - v_0 t$, уравнение (1) приведем к виду

$$(1 - M^2) \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial z^2} - \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial r^2} - \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi_1}{\partial r} = 0, \quad (3)$$

где $M = v_0/a$ – число Маха.

Движение тела считаем дозвуковым, т. е. полагаем, что $M < 1$.

Уравнение (3) интегрируется при следующих граничных условиях:

1. Условие безотрывности скольжения частиц среды по поверхности тела

$$v_z = tg \gamma \quad \text{при} \quad r = f_1(z), \quad \gamma = f_1'(z), \quad (4)$$

где $f(z)$ – уравнение поверхности тела вращения.

2. Условие равенства нулю составляющей по оси Oy вектора скорости частиц среды на границе полупространства:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0 \quad \text{при} \quad y = -h - f(z) \quad (5)$$

Для удовлетворения условию (3) сначала решаем задачу для пространства, обозначив через $\varphi(r, z)$, далее рассмотрим поле, создаваемое движением фиктивного тела, вставленного в нижнем полупространстве на расстоянии h от границы полупространства. Положение тел в пространстве в произвольном сечении z представлено на рис. 2.

Вводим функцию

$$\varphi_n = \varphi_1(r, z) + \varphi_1(r_1, z), \quad (6)$$

где $\varphi_1(r_1, z)$ – поле, создаваемое движением фиктивного тела; $r_1 = \sqrt{x^2 + [2f(z) + 2h + y]^2}$.

Можно показать, что суммарное поле возмущения (6) удовлетворяет граничному условию (5). Найдем производную по переменной y выражения (6)

$$\frac{\partial \varphi_n}{\partial y} = \frac{\partial \varphi_1}{\partial r} \frac{\partial r}{\partial y} + \frac{\partial \varphi_1}{\partial r_1} \frac{\partial r_1}{\partial y} = \frac{\partial \varphi_1}{\partial r} \frac{y}{r} + \frac{\partial \varphi_1}{\partial r_1} \frac{y + 2f(z) + 2h}{r_1}. \quad (7)$$

Полагая, $y = -h - f(z)$, имеем $r = r_1 = \sqrt{x^2 + [f(z) + h]^2}$, $\frac{\partial \varphi_1}{\partial r} = \frac{\partial \varphi_1}{\partial r_1}$.

Тогда выражение (7) принимает вид

$$\frac{\partial \varphi_n}{\partial y} = \frac{\partial \varphi_1}{\partial r} \left[-\frac{h + f(z)}{r} + \frac{f(z) + h}{r} \right] = 0.$$

Таким образом, после нахождения функции $\varphi(r, z)$ для полупространства далее найдем решения краевой задачи (4) и (5) с помощью суммарного поля (6).

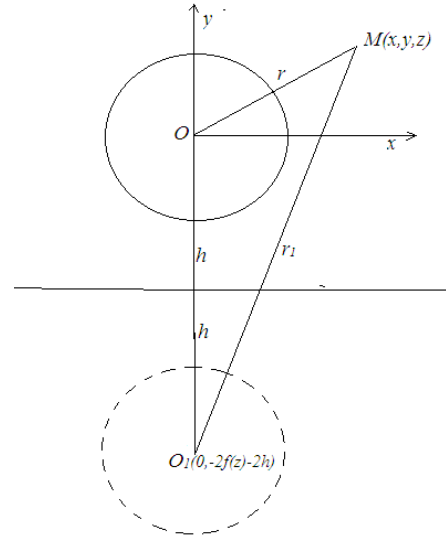


Рис. 2. Схема расположения сечений основного и фиктивного тел в плоскости (x, y)

Вводим следующие безразмерные переменные и функции $\bar{x} = x/L$, $\bar{y} = y/L$, $x_1 = r/L$, $x_2 = z/L$, $h_0 = h/L$, $v_1 = v_r/v_0$, $v_2 = v_z/v_0$, $\varphi = \varphi_1 v_0 L$, $f = f_1/L$.

Функция $\varphi(x_1, x_2)$ удовлетворяет уравнению

$$(1 - M^2) \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_2^2} - \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_1^2} - \frac{1}{x_1} \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} = 0. \quad (8)$$

Условия (4) и (5) принимают следующий вид:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x_2} = \operatorname{tg} \gamma \quad \text{при } x_1 = f(x_2), \quad \gamma = f'(x_2), \quad (9)$$

$$\varphi \rightarrow 0 \quad \text{при } x_1 \rightarrow \infty. \quad (10)$$

Уравнение поверхности тела вращения $f(x_2)$ принимаем в виде

$$f = f(x_2) \quad \text{при } -1 < x_2 < -x_0,$$

$$f = f(-x_0) = f(x_0) = R/L = \text{const} \quad \text{при } -x_0 < x_2 < x_0,$$

$$f = f(-x_2) \quad \text{при } x_0 < x_2 < 1.$$

Решение краевой задачи (9) и (10) для уравнения (8) в общем случае выполняется численно. Рассмотрим случай $R/L \ll 1$ и граничное условие (9) используем при $x_1 \rightarrow 0$. Применяем преобразование Фурье по переменной x_2 , записывая выражение для изображения по Фурье [1]:

$$\hat{\varphi}(x_1, p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x_1, x_2) e^{ipx_2} dx_2.$$

При этом оригинал определяется обратным преобразованием

$$\varphi(x_1, x_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{\varphi}(x_1, p) e^{-ipx_2} dp.$$

Уравнение (8) для изображения по Фурье принимает вид

$$\frac{d^2 \hat{\varphi}}{dx_1^2} + \frac{1}{x_1} \frac{d\hat{\varphi}}{dx_1} + \alpha^2 p^2 \hat{\varphi} = 0. \quad (11)$$

Решение уравнения (11), удовлетворяющее условию $\hat{\varphi} \rightarrow 0$ при $x_1 \rightarrow \infty$, представим в виде

$$\hat{\varphi} = A(p) K_0(\alpha |p| x_1),$$

где $A(p)$ – произвольная постоянная; $\alpha = \sqrt{1 - M^2}$; $K_0(\xi)$ – функция Макдональда.

Таким образом, оригинал $\varphi(x_1, x_2)$ можно представить в виде

$$\varphi(x_1, x_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} A(p) K_0(\alpha |p| x_1) e^{-ipx_2} dp. \quad (12)$$

Условие (9) с учетом $K'_0 = -K_1$ (функция Бесселя мнимого аргумента первого порядка) записываем при $x_1 \rightarrow 0$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x_1} = -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int A(p) \alpha |p| K_1(\alpha |p| x_1) e^{-ipx_2} dp \rightarrow -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{f(x_2)} \int_{-\infty}^{\infty} A(p) e^{-ipx_2} dp \quad \text{при } x_1 \rightarrow 0. \quad (13)$$

Используя условие (9), записываем равенство (13) в виде

$$\frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \rightarrow -\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{f(x_2)} \int_{-\infty}^{\infty} A(p) e^{-ipx_2} dp = \gamma(x_2).$$

Представим функцию $\gamma(x_2)f(x_2)$ через преобразование Фурье

$$\gamma(x_2)f(x_2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(p)e^{-ipx_2} dp.$$

Причем

$$\Phi(p) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \gamma(x_2)f(x_2)e^{ipx_2} dx_2.$$

Таким образом, для $A(p)$ имеем выражение $A(p)=\Phi(p)$, подставляя которое в формулу (12), получаем выражение для потенциала φ .

Записываем условие (9) при $x_1=0$ и найдем изображение по Фурье

$$\begin{aligned} A(p) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x_2) \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} e^{ipx_2} dx_2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x_2) \gamma(x_2) \exp(ipx_2) dx_2 \\ \varphi(x_1, x_2) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \Phi(p) K_0(\alpha|p|x_1) e^{-ipx_2} dp. \end{aligned} \quad (14)$$

В качестве примера рассмотрим тело вращения, начальными и конечными участками которого являются конусы. Функция $f(x_2)$ и ее производная $\gamma(x_2)$ представляются в виде

$$\begin{aligned} f &= \gamma_0(1+x_2), \gamma = \gamma_0 && \text{при } -1 < x_2 < -x_0, \\ f &= \gamma_0(1-x_0), \gamma = 0 && \text{при } -x_0 < x_2 < x_0, \\ f &= \gamma_0(1-x_2), \gamma = -\gamma_0 && \text{при } x_0 < x_2 < 1, \end{aligned}$$

где $1-x_0$ – высота конуса; γ_0 – угол при вершине конуса.

Функция $\Phi(p)$ вычисляется с помощью интеграла

$$\Phi(p) = \frac{\gamma_0}{\sqrt{2\pi}} \left(\int_{-1}^{-x_0} \gamma_0(1+x_2) \exp(ipx_2) dx_2 - \int_{x_0}^1 \gamma_0(1-x_2) \exp(ipx_2) dx_2 \right) = \frac{2i\gamma_0^2 \Psi(p)}{\sqrt{2\pi}},$$

где $\Psi = \frac{\sin p - \sin px_0 - p(1-x_0) \cos px_0}{p^2}.$

Подставив выражение $\Phi(p)$ в формулу (14), находим следующие компоненты вектора скорости частиц газа через несобственные интегралы:

$$\begin{aligned} v_1(x_1, x_2) &= \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} = -\frac{i\gamma_0^2 \alpha}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} |p| \Psi(p) K_1(\alpha|p|x_1) e^{-ipx_2} dp = -\frac{i\gamma_0^2 \alpha}{\pi} \left[-\int_{-\infty}^0 p \Psi(p) K_1(-\alpha p x_1) e^{-ipx_2} dp + \right. \\ &\quad \left. + \int_0^{\infty} p \Psi(p) K_1(\alpha p x_1) \exp(-ipx_2) dp \right] = \frac{2\gamma_0^2 \alpha}{\pi} \int_0^{\infty} p \Psi(p) K_1(\alpha p x_1) \sin px_2 dp. \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} v_2(x_1, x_2) &= \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} = \frac{\gamma_0^2}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} p \Psi(p) K_0(\alpha|p|x_1) e^{-ipx_2} dp = \frac{\gamma_0^2}{\pi} \left[\int_{-\infty}^0 p \Psi(p) K_0(-\alpha p x_1) e^{-ipx_2} dp + \right. \\ &\quad \left. + \int_0^{\infty} p \Psi(p) K_0(\alpha p x_1) \exp(-ipx_2) dp \right] = \frac{2\gamma_0^2}{\pi} \int_0^{\infty} p \Psi(p) K_0(\alpha p x_1) \cos px_2 dp. \end{aligned} \quad (16)$$

Пользуясь выражением $\Psi(p)$ и вычислив несобственные интегралы [1, 2], приведем формулы (15) и (16) к виду

$$v_1 = \frac{2\gamma_0^2 \alpha}{\pi} (J_1 - J_2 - J_3) \text{ и } v_2 = \frac{2\gamma_0^2}{\pi} (I_1 - I_2 - I_3),$$

где

$$J_1 = \frac{\pi}{4\alpha x_1} [\sqrt{\alpha^2 x_1^2 + (1+x_2)^2} - \sqrt{\alpha^2 x_1^2 + (1-x_2)^2}],$$

$$J_2 = \frac{\pi}{4\alpha x_1} [\sqrt{\alpha^2 x_1^2 + (x_0+x_2)^2} - \sqrt{\alpha^2 x_1^2 + (x_0-x_2)^2}],$$

$$J_3 = \frac{\pi(1-x_0)}{4\alpha x_1} \left[\frac{x_0+x_2}{\sqrt{\alpha^2 x_1^2 + (x_0+x_2)^2}} - \frac{x_0-x_2}{\sqrt{\alpha^2 x_1^2 + (x_0-x_2)^2}} \right],$$

$$I_1 = \frac{\pi}{4} \left[\ln\left(\frac{1+x_2}{\alpha x_1} + \sqrt{\frac{(1+x_2)^2}{\alpha^2 x_1^2} + 1}\right) + \ln\left(\frac{1-x_2}{\alpha x_1} + \sqrt{\frac{(1-x_2)^2}{\alpha^2 x_1^2} + 1}\right) \right],$$

$$I_2 = \frac{\pi}{4} \left[\ln\left(\frac{x_0+x_2}{\alpha x_1} + \sqrt{\frac{(x_0+x_2)^2}{\alpha^2 x_1^2} + 1}\right) + \ln\left(\frac{x_0-x_2}{\alpha x_1} + \sqrt{\frac{(x_0-x_2)^2}{\alpha^2 x_1^2} + 1}\right) \right],$$

$$I_3 = \frac{\pi(1-x_0)}{4} \left[\frac{1}{\sqrt{\alpha^2 x_1^2 + (x_0+x_2)^2}} + \frac{1}{\sqrt{\alpha^2 x_1^2 + (x_0-x_2)^2}} \right].$$

Выражения компонентов вектора скорости для полупространства записываются теперь в следующем виде:

$$v_y = \frac{\partial \varphi_1(r, z)}{\partial r} \frac{\partial r}{\partial y} + \frac{\partial \varphi_1(r_1, z)}{\partial r_1} \frac{\partial r_1}{\partial y} = v_0 [v_1(x_{11}, x_2) \frac{\bar{y}}{x_{11}} + v_1(x_{12}, x_2) \frac{2f(x_2) + 2\bar{h} + \bar{y}}{x_{12}}],$$

$$v_x = \frac{\partial \varphi_1(r, z)}{\partial r} \frac{\partial r}{\partial x} + \frac{\partial \varphi_1(r_1, z)}{\partial r_1} \frac{\partial r_1}{\partial x} = v_0 [v_1(x_{11}, x_2) \frac{\bar{x}}{x_{11}} + v_1(x_{12}, x_2) \frac{\bar{x}}{x_{12}}],$$

$$v_z = \frac{\partial \varphi_1(r, z)}{\partial z} + \frac{\partial \varphi_1(r_1, z)}{\partial z} + \frac{\partial \varphi_1(r_1, z)}{\partial r_1} \frac{\partial r_1}{\partial z} = v_0 [v_2(x_{11}, x_2) + v_2(x_{12}, x_2) + v_1(x_{12}, x_2) \frac{2(f(x_2) + \bar{h}) + \bar{y}}{x_{12}} f'(x_2)],$$

где $x_{11} = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2}$, $x_{12} = \sqrt{[2f(x_2) + 2\bar{h} + \bar{y}]^2 + \bar{x}^2}$, $\bar{h} = h/L$.

На рис. 3 представлены кривые распределения скорости частиц воздуха вдоль движения осесимметричного тела (поезда) $x_2 = z/L$ для абсциссы $x = 0$ и различных значений ординаты точек пространства, где ординаты $\bar{y} = f(x_2)$ и $\bar{y} = -f(x_2)$ соответствуют точкам, расположенным на поверхности тела. Расчеты проведены для $x_2 > 0$, $x_0 = 0.8$ и двух значений числа Маха M , где скорость звука в воздухе принята $a = 330$ м/с. В расчетах дополнительно принято $\gamma_0 = 0.02$, $\bar{h} = 0.005$.

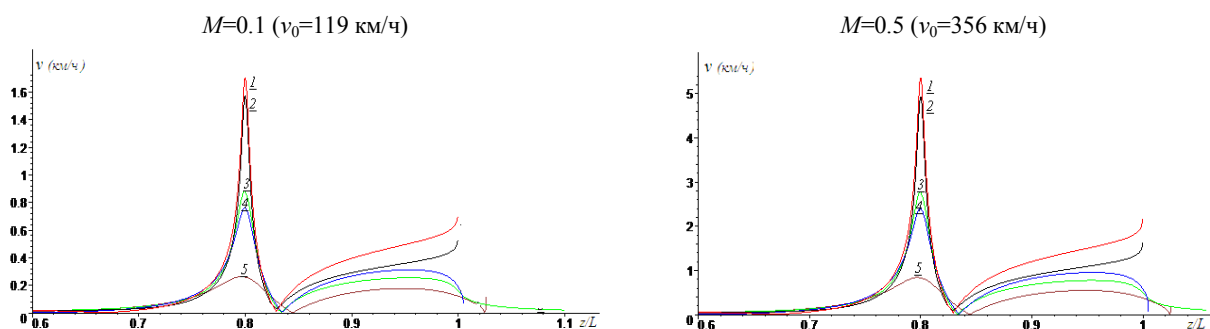


Рис.3. Кривые распределения скорости частиц воздуха v (км/ч) по направлению движения поезда $x_2=z/L$ для $\gamma_0=0.02$, $x=0$ и различных значений ординаты y/L : 1 – $\bar{y} = f(x_2)$ (верхняя граница тела); 2 – $\bar{y} = -f(x_2)$ (нижняя граница тела); 3 – $\bar{y} = \bar{h} + f(x_2)$; 4 – $\bar{y} = -\bar{h} - f(x_2)$ (поверхность грунта); 5 – $\bar{y} = 4\bar{h} + f(x_2)$

Аналогичные кривые для фиксированной ординаты $y=0$ и различных значений абсциссы точек $\bar{x}=x/L$ пространства показаны на рис. 4. Видно, что частицы воздуха имеют наибольшую скорость на поверхности тела вблизи сечения $x_2=x_0$ и далее с удалением от этого сечения их скорость быстро падает.

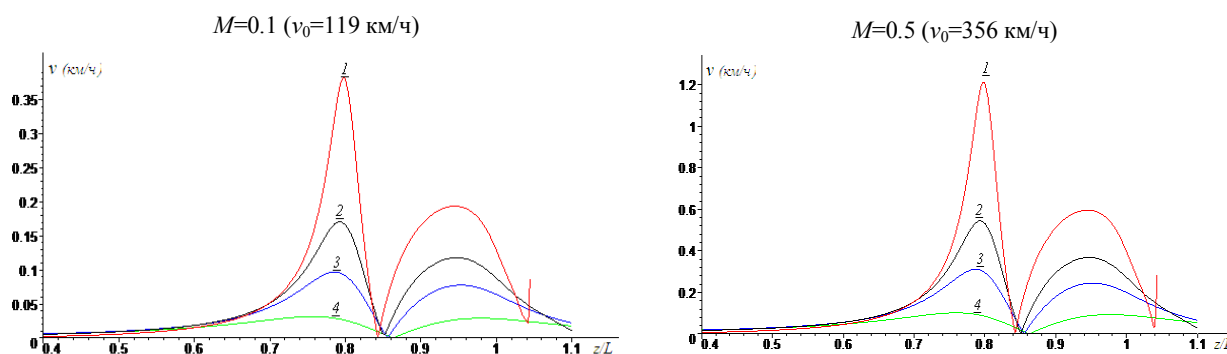


Рис. 4. Кривые распределения скорости частиц воздуха v (км/ч) по направлению движения поезда $x_2=z/L$ для $\gamma_0=0.02$, $y=0$ и различных значениях абсциссы x/L : 1 – $\bar{x} = f(x_2)$ (боковая граница тела); 2 – $\bar{x} = 4\bar{h} + f(x_2)$; 3 – $\bar{x} = 8\bar{h} + f(x_2)$; 4 – $\bar{x} = 20\bar{h} + f(x_2)$

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. М.: Наука, 1971. – 1108 с.
- [2] Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнение математической физики. М.: Наука, 1977. – 735 с.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Дата поступления
23.06.2015

С.Т. Джаббаров. Сиқилган газ билан тўлдирилган яримфазода ўққа нисбатан симметрик бўлган ингичка жисмнинг ҳаракати

Мақолада осесимметрик жисм (юқори тезликли поезд) атрофида ҳаво заррачалари тезлигини тақсимланишини тақсимланишини аниқлаш бўйича ўтказилган назарий тадқиқотлари натижалари келтирилган.

S.T. Jabbarov. Motion of thin axisymmetric body in a half-employment compressible gas

The article presents the results of theoretical researches by definition of distribution of speed of particles of air along movement to a wasp of a symmetric body (a high-speed train).

Т.Р. РАШИДОВ, М.Ш. ИСРАИЛОВ, Б.М. МАРДОНОВ

ДЕЙСТВИЕ ВОЛНЫ КОНЕЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НА ДИНАМИКУ СИСТЕМЫ «ТРУБОПРОВОД – ГРУНТ» ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ ЗАКОНЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРУБОПРОВОДА С ГРУНТОМ

Вопросы реализации на контактной поверхности деформируемого трубопровода с упругой средой линейных законов взаимодействия при действии стационарной волны бесконечной продолжительности рассмотрены в работах [1 – 2]. Изучено влияние отношения скоростей распространения волн в материале трубопровода c'_0 и грунтовой среде c_1 (число $M = c_1 / c'_0$), глубины заложения, а также коэффициента жесткости связи при сдвиге трубопровода с частицами грунта на напряженное состояние системы «трубопровод и слой грунтовой среды». Установлено, что жесткость связи трубопровода с частицами грунта оказывает существенное влияние на напряженное состояние системы при $M > 1$. При этом показано, что уменьшение значения этого коэффициента приводит к росту периода колебаний сечений трубопровода.

Рассмотрим случай обтекания трубопровода бегущей стационарной волной конечной продолжительности, где на поверхности контакта трубопровода с грунтом реализуется нелинейный закон взаимодействия. Уравнение осевого движения частиц грунта $w(r, z, t)$, моделируемого упругой средой, в цилиндрической системе координат (r, z) (ось Oz направлена по оси трубопровода, вдоль которой движется бегущая волна $w_0 = w_0(c_1 t - z)$, ось Or – перпендикулярна к ней) записывается в виде [1]

$$\left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2 \left(\frac{\partial^2 w}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial w}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} = \frac{1}{c_1^2} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}, \quad (1)$$

где $c_1 = \sqrt{(\lambda + 2\mu)/\rho}$ и $c_2 = \sqrt{\mu/\rho}$ – соответственно скорости распространения продольных и поперечных волн в грунте; λ и μ – постоянные Ламе. Сначала рассмотрим случай, когда контактная сила на поверхности трубопровода является линейной функцией относительного смещения сечений трубопровода. Тогда для интегрирования уравнения (1) принимаются следующие граничные условия:

$$w = w_0(Z)H(Z) \text{ при } r = R, \tau = \mu \frac{\partial w}{\partial r} = F(W) \text{ при } r = a, \quad (2)$$

$$W = w(a, Z) - U(Z), \quad (3)$$

где $Z = c_1 t - z$; $w_0(Z)$ – закон перемещения частиц грунта за фронтом плоской волны; $H(Z)$ – единичная функция Хевисайда; a – внешний радиус трубопровода; $w(a, Z)$ – перемещение частиц грунта на поверхности контакта; $U(Z)$ – продольное смещение сечений трубопровода; $F(W)$ – функция, определяющая закон взаимодействия трубопровода с грунтом. Случай линейного закона $F(W) = kW$ рассмотрен в работе [2], где перемещение частиц грунта $U(Z)$ и напряжение сдвига определяются по формулам $\tau(Z)$:

$$w = \beta^2 [\ln(r/a) \ln(R/a) [w_0(Z) - U(Z)] + \beta_0 w_0(Z) + U(Z)], \tau = k\beta_0 \beta^2 [w_0(Z) - U(Z)].$$

Здесь $U(Z)$ удовлетворяет уравнению

$$U'' \pm p^2 U = \pm p^2 w_0(Z), \quad (4)$$

$$\text{где } p = p_0 \beta; p_0 = \sqrt{\frac{2\mu}{E' |1 - M^2| (a^2 - b^2) \ln(R/a)}}; \beta = \sqrt{\frac{1}{1 + \beta_0}}; \beta_0 = \mu / ka \ln(R/a);$$

$c'_0 = \sqrt{E'/\rho'}$ – скорость распространения продольной волны в трубопроводе (стержне), E' и ρ' – модуль Юнга и плотность в материале стержня; b – внутренний радиус трубопровода. При $k \rightarrow \infty$

($\beta_0 \rightarrow 0$) (случай жесткого защемления трубопровода с грунтом) имеем выражение $\beta=1$, которое получено в работе [1]. Рассмотрим случай $M>1$. Выбираем в уравнении (4) верхний знак и найдем его решение, удовлетворяющее условиям $U(0)=U'(0)=0$,

$$U = p \int_0^Z w_0(\xi) \sin p(Z - \xi) d\xi. \quad (5)$$

Пусть вдоль трубопровода движется бегущая волна, за фронтом которой перемещение грунта определяется по закону

$$w_0 = 0 \text{ при } Z_0 \leq Z < \infty, \quad (6)$$

$$w_0 = w_0(c_1 t - z) \text{ при } 0 \leq Z \leq Z_0, \quad (7)$$

$$w_0 = 0 \text{ при } -\infty < Z_0 \leq 0. \quad (8)$$

Здесь Z_0 – длина участка на поверхности контакта трубопровода с грунтом, где частицы грунта перемещаются по закону (7). Учитывая зависимость (3) при $r=a$, далее получаем ($\bar{F} = F(W)/k$)

$$\bar{F}(W) + \beta_0 W = \beta_0(w_0 - U). \quad (9)$$

Равенство (9) устанавливает функциональную связь между неизвестными функциями W и U , где функция $U(Z)$ удовлетворяет уравнению

$$\frac{d^2 U}{dZ^2} = p^2 \bar{F}(W) / \beta_0. \quad (10)$$

Исключив из равенств (9) и (10) функцию $U(Z)$, можно получить одно нелинейное уравнение для определения $W(Z)$. В качестве примера рассмотрим следующий вид функции:

$$\bar{F} = W + k_0 W^3, \quad (11)$$

где k_0 – коэффициент нелинейности. При положительном и отрицательном знаках коэффициента k_0 зависимость (11) соответственно определяет законы взаимодействия с жесткими и мягкими характеристиками. Пользуясь равенством (9), можно составить уравнение первого порядка относительно функции W

$$\frac{dW}{dZ} = \frac{\beta_0(w'_0 - U')}{1 + \beta_0 + 3k_0 W^2},$$

которое совместно с (10) образует систему нелинейных уравнений для определения функций $U(Z)$ и $W(Z)$.

Перемещение частиц грунта за волной изменяется по закону

$$w_0 = A_0 \sin \omega_n Z,$$

где $\omega_n = \pi n / Z_0$; n – целое число.

На рис. 1 – 3 представлены кривые зависимости безразмерного напряжения $\bar{\sigma} = \sigma / \sigma_0$ ($\sigma_0 = \pi n A_0 E' / Z_0$) от подвижной координаты Z для $n=1$ и различных значениях параметров k_0 (м^{-2}), и ω_1 (м^{-1}). В расчетах принято: $A_0=0.02$ м, $p=2$, $\beta_0=50$, $c_1=1000$ м/с. Время действия волны было равно периоду колебания частиц в невозмущенной части грунта. Согласно работе [1], имеем $Z_0 = \pi / \omega_1$. При этом период колебания частиц грунта будет равен $T=2Z_0/c_1$.

Анализ результатов показывает, что на динамику трубопровода параметр нелинейности влияет при действии волн с короткими периодами. В рассматриваемом примере при $T>0.1$ с коэффициент нелинейности со значением $k_0=5000$ м^{-2} практически не влияет на распределение напряжения по длине трубопровода. При этом при малых значениях периода колебания грунта ($T=0.0125$ с) наличие нелинейности приводит к росту как частоты, так и амплитуды колебания сечения трубопровода. С ростом периода T нелинейность, в основном, влияет на частотный состав колебания.

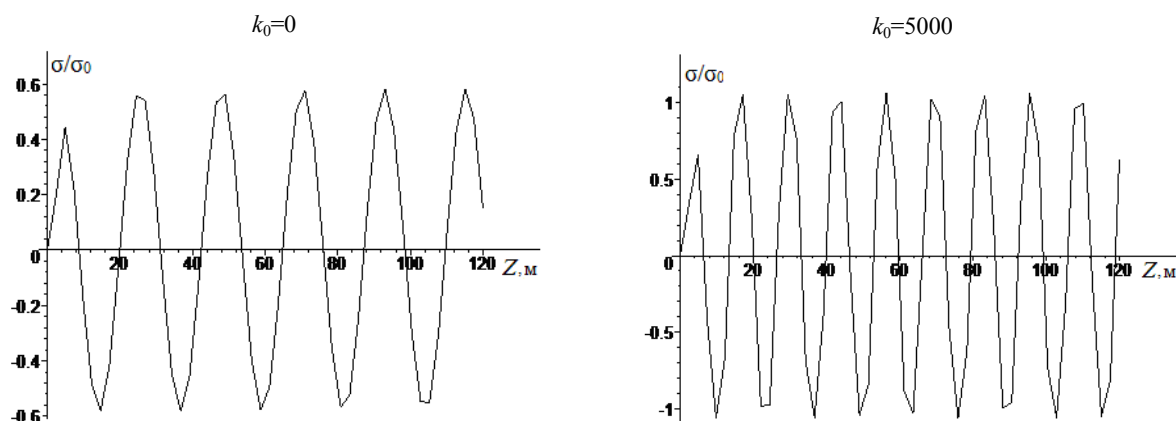


Рис. 1. Изменение безразмерного напряжения $\bar{\sigma} = \sigma / \sigma_0$ от координаты Z для $\omega_1=1/2$ ($Z_0=6.28$ м, $T=0.0125$ с) и двух значений коэффициента нелинейности k_0 (м²)

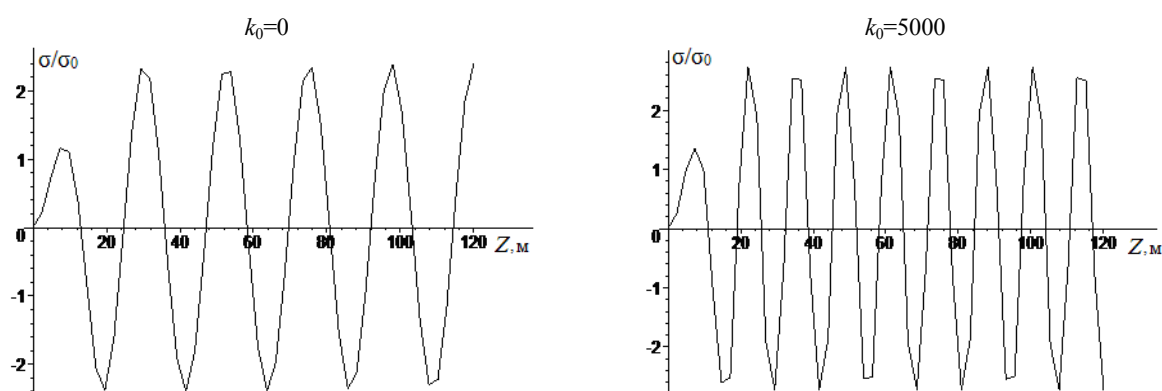


Рис.2.Изменение безразмерного напряжения $\bar{\sigma} = \sigma / \sigma_0$ от координаты Z для $\omega_1=1/5$ ($Z_0=15.7$ м, $T=0.0314$ с) и двух значений коэффициента нелинейности k_0 (м²)

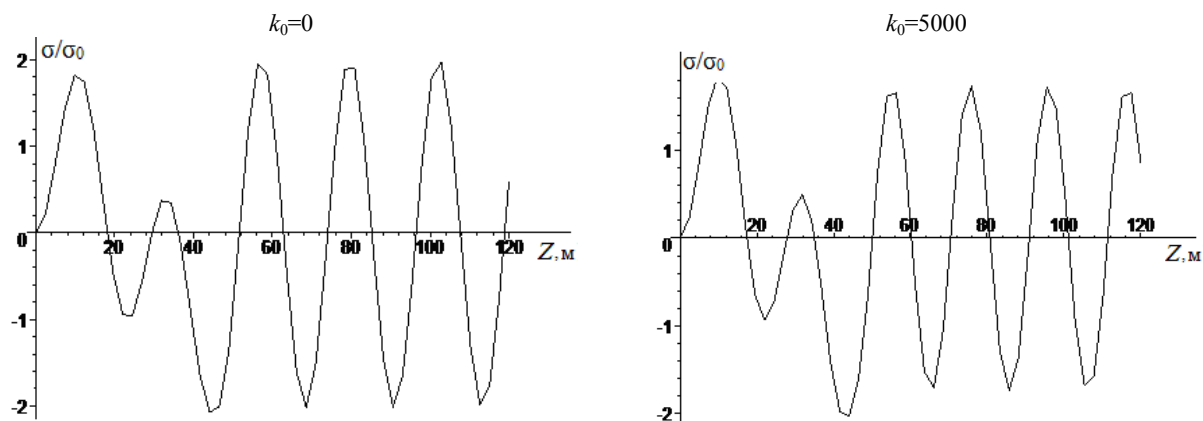


Рис.3.Изменение безразмерного напряжения $\bar{\sigma} = \sigma / \sigma_0$ от координаты Z для $\omega_1=1/15$ ($Z_0=47.1$ м, $T=0.0942$ с) и двух значений коэффициента нелинейности k_0 (м²)

ЛИТЕРАТУРА

- [1] И с р а и л о в М. Ш. Сейсодинамика подземных трубопроводов // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент, 2012. № 3. С. 18 – 24.
- [2] Рашидов Т. Р., И с р а и л о в М. Ш., Мардонов Б. М. Сейсмические колебания грунта и трубопровода при неидеальном контакте: влияние проскальзывания на динамические напряжения // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент, 2014. № 3. С. 26 – 32.

Т.Р. Рашидов, М.Ш. Исраилов, Б.М. Мардонов. Қувурнинг грунт билан ўзаротаъсир қонуни чизиқсиз бўлганда “қувур-грунт” тизимининг динамикасига чекли тўлқиннинг давомийлигини таъсири

Грунтда тарқалаётган тўлқиннинг қувурга таъсир этиши вақтининг ва қувур билан грунт ўзаротаъсирланишуви чизиқсиз қонунининг “қувур-грунт” тизимининг динамикасига таъсири муаммоси назарий ўранилган.

T.R. Rashidov, M.Sh. Israilov, B.M. Mardonov. Action of wave finite duration in the dynamic system "pipeline-soil" at nonlinear law interaction of the pipeline with soil

The problems of influence of action wave in time and the parameter of nonlinearity in the law of interaction of the pipeline with the ground on the dynamic system "pipeline-soil" was studied.

УДК 539.3

Ш.С. ЮЛДАШЕВ, С.М. САИДОВ, М.У. КАРАБАЕВА

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ВИБРАЦИИ В ГРУНТАХ С УЧЕТОМ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

Распространение вибрации в грунтах от источника, расположенного на поверхности грунта, зависит от физико-механических характеристик и параметров вязкости грунтов. Многие исследования показали, что на поверхности грунта уровень вибрации существенно зависит от грунтовых условий: у прочных грунтов уровень вибрации поверхности грунта будет больше, чем у слабых [1 – 3].

В процессе исследования мы изучали поведение трёх видов грунтов на примере решения задачи о распространении колебаний в грунтах, возникающих при движении железнодорожных поездов [3].

Размер возмущенной области – 30×19 м. Для решения задачи применён метод конечных элементов (МКЭ). Выделенная прямоугольная область разбита на 1080 треугольных конечных элементов с 589 узлами, ширина ленты матрицы жесткости равна 42. Размеры конечных элементов выбраны на основе выводов работ [4, 5]. Расчетные схемы и постановка задачи приняты как в [1, 3] (рис. 1).

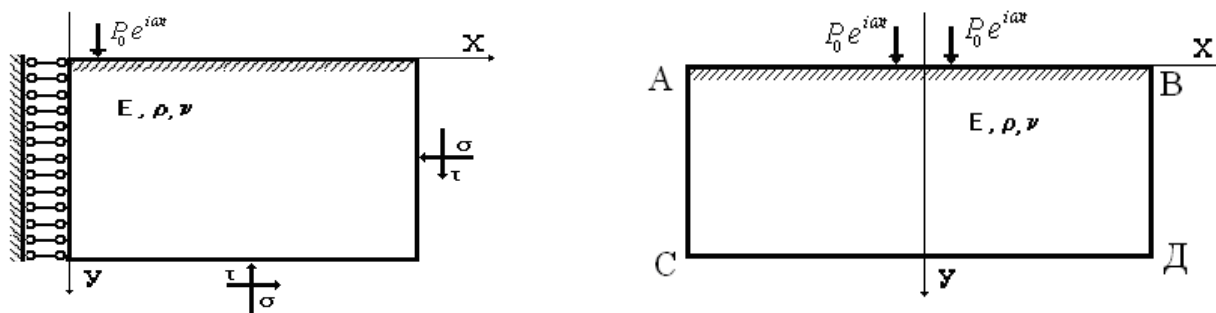


Рис. 1. Расчетная схема

Уравнения колебания системы записываются как вынужденная колебания системы с конечным числом степеней свободы,

$$[M]\{\ddot{u}(t)\} + (1 - R^*)[K]\{u(t)\} = \{P(t)\} - [\Gamma]\{\dot{u}\}, \quad (1)$$

где $[M]$ и $[K]$ – матрицы масс и жесткости системы; $\{\ddot{u}(t)\}$, $\{P(t)\}$ – векторы перемещения узлов и внешней нагрузки; $[\Gamma]$ – диагональная матрица, ненулевые элементы которой относятся к стандартной вязкой границе [4]; R^* – интегральный оператор Вольтерра.

Зависимость между напряжением и деформацией для вязкоупругого тела

$$\tau = G_0 \left[\gamma(t) - \int_0^t R(t-\nu) \gamma(\nu) d\nu \right], \quad (2)$$

где G_0 – мгновенный модуль упругости; $\gamma(t)$ – в момент t вызванной изменяющейся во времени деформации.

Самым распространенным сингулярным ядром является ядро Колтунов-Ржаницына

$$R(t) = A \exp(-\beta t) t^{\alpha-1}, \quad (3)$$

где A – параметр вязкости; α – параметр сингулярности, определяемый экспериментом; β – параметр затухания.

Приведем физико-механические свойства

- для лёссовых грунтов: $E=2.2 \cdot 10^8$ Па; $\rho=1.79 \cdot 10^3$ Н·с²/м⁴; $\nu=0.3$; $A=6.74 \cdot 10^{-2}$; $\beta=2.43 \cdot 10^{-3}$; $\alpha=0.25$.
- для гравийно-песчаника: $E=2.85 \cdot 10^8$ Па; $\rho=1.87 \cdot 10^3$ Н·с²/м⁴; $\nu=0.35$; $A=13.73 \cdot 10^{-2}$; $\beta=1.3 \cdot 10^{-6}$; $\alpha=0.2$.
- для суглинка: $E=4.21 \cdot 10^8$ Па; $\rho=1.8 \cdot 10^3$ Н·с²/м⁴; $\nu=0.27$; $A=3.33 \cdot 10^{-2}$; $\beta=3.6 \cdot 10^{-4}$; $\alpha=0.25$.

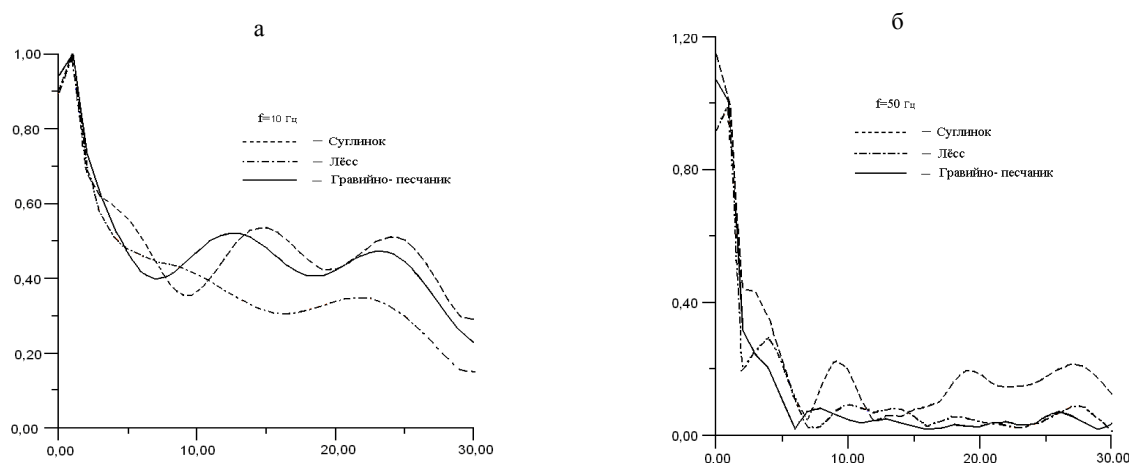


Рис. 2. Изменения огибающих амплитуд колебаний поверхности грунтов при частоте нагрузки $f=10$ Гц (а), $f=50$ Гц (б)

На рис. 2 и 3 показаны изменения амплитуд колебания поверхности грунта для различных видов грунтов и частот кинематических сил.

Анализ изменения огибающих амплитуд колебания точек поверхности грунта показывает, что при частоте нагрузки $f=10$ Гц и на расстоянии до 10 м от оси железнодорожного полотна в лёссовидном грунте по сравнению с суглинком амплитуда вибрационных волн меньше в 1.013 раза. При сравнении с гравийно-песчаником разница незначительна. На расстоянии до 20 м от оси железнодорожного полотна в лёссовидном грунте по сравнению с суглинком амплитуда вибрационных волн затухает в 1.42 раза быстрее. На расстоянии до 30 м от оси железнодорожного полотна в лёссовидном грунте по сравнению с суглинком амплитуда вибрационных волн затухает в 1.61 раза быстрее. При сравнении с гравийно-песчаником эта разница составляет 1.1045 раза.

При частоте нагрузки $f=50$ Гц и на расстоянии до 10 м от оси железнодорожного полотна в суглинковом грунте по сравнению с лёссовидным амплитуда вибрационных волн затухает в 1.44 раза быстрее. До 20 м это разница 3.142 раза быстрее. В сравнении с гравийно-песчаником разница незначительна, а в 20 м это разница составляет 1.925 раза. На расстоянии до 30 м от оси железнодорожного полотна в суглинковом грунте по сравнению с лёссовидным амплитуда вибрационных волн затухает в 4.19 раза быстрее. При сравнении результатов, полученных для гравийно-песчаника, с результатами, полученными для лёссовых грунтов, – в 1.145 раза меньше.

Установлено, что все результаты существенно зависят от частоты действующих внешних сил и амплитуды поверхности грунта, которая не монотонно убывает с увеличением расстояния до оси железнодорожного полотна.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рашидов Т.Р., Ишанходжаев А., Юлдашев Ш.С. Распространение в грунте вибраций, возникающих от прохождения поездов метрополитена, при учёте перемещения тоннеля относительно грунта // Доклады АН УзССР. 1984. № 5.
- [2] Вязов С.С. Реологические основы механики грунтов. М.: Высшая школа, 1978. – 447 с.
- [3] Ильичев В.А., Юлдашев Ш.С., Саидов С.М. Исследование распространения вибраций от движения поездов в зависимости от расположения железнодорожного полотна // Основания, фундаменты и механика грунтов. М.: Стройиздат. 1999. № 2. С. 12 – 13.

- [4] Lysmer J., Kyhlemeyer L. Finite Dynamik Model for Infinite Media // Jour Engineering Mechanics Division. ASCE. Vol. 95. 1969. N EM 4. P. 859 – 887.
- [5] Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975. – 541 с.

Наманганский инженерно-экономический институт

Дата поступления
06.03.2016

Ш.С. Юлдашев, С.М. Саидов, М.У. Карабаева. Грунтнинг реологик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда унда тўлқинларнинг тарқалиши

Мақолада темир йўл поездлари ҳаракатидан ҳосил бўлган тебранишларнинг грунтда тарқалиши грунтнинг реологик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда ўрганилган. Масала элстиклик назариясининг текис масаласига келтирилиб, чекли элементлар усули билан ечилган. Турли хил грунтларда тебранишларнинг сўниши таҳлил этилган.

Sh.S. Yuldashev, S.M. Saidov, M.U. Karabayeva. Enlarging of vibration in grounds, taking into consideration their features

In this article we studied spreading of vibrations caused by movement of trains on the ground taking into account rheological properties of the ground. The problem was solved by means of finite elements, having transformed it into two-dimensional problem according to the theory of elasticity. Decreasing of vibrations in different kinds of ground was analyzed.

УДК 531.01

А. БЕГМАТОВ

О ПРОДОЛЬНЫХ ВОЛНАХ В НАСЫЩЕННОЙ ПОРИСТОЙ СРЕДЕ

Изотермическое движение насыщенной пористой среды, моделируемой двухфазной средой, состоящей из твердой и жидкой фаз, описывается в случае малых возмущений системой четырех уравнений – двух уравнений движения и двух уравнений неразрывности [1 – 3].

Представление векторов скоростей перемещения твердой и жидкой фаз соответственно в виде

$$\vec{u} = \frac{\partial}{\partial t}(\text{grad}\varphi_1 + \text{rot}\vec{\psi}_1), \quad \vec{w} = \frac{\partial}{\partial t}(\text{grad}\varphi_2 + \text{rot}\vec{\psi}_2),$$

где φ_1, φ_2 и $\vec{\psi}_1, \vec{\psi}_2$ – скалярные и векторные потенциалы, позволяет расщепить эту систему в системы уравнений для продольных и поперечных волн.

Так, для продольных волн получается система трех уравнений относительно скалярных потенциалов φ_1, φ_2 и давления p . Если при этом рассматривать плоские гармонические продольные волны, т.е. решение вида

$$\varphi_1 = \varphi_1^0 e^{i(\omega t - \eta x)}, \quad \varphi_2 = \varphi_2^0 e^{i(\omega t - \eta x)}, \quad p = p_0 e^{i(\omega t - \eta x)},$$

где φ_1^0, φ_2^0 и p_0 – постоянные, то условие существования таких решений выполняется, когда ω и η удовлетворяют следующему дисперсионному уравнению [1, 2]:

$$\xi^4 + \xi^2 \left(M_1 + \frac{i}{\omega\tau} M_2 \right) + M_3 \left(1 - \frac{i}{\omega\tau} \right) = 0, \quad (1)$$

$$\text{где } \xi = \frac{\eta}{\omega} \cdot \frac{1}{\sqrt{B\rho}}, \quad M_1 = -1 + \frac{\rho_\infty}{\rho_0} \left\{ \beta_1 K (1 - m_0) (2 - \beta_1 K) - \frac{\beta}{B} \right\},$$

$$M_2 = \frac{\rho_\infty}{\rho_0} \left\{ (1 - (1 - m_0)\beta_1 K)^2 + (1 - m_0) \frac{\beta}{B} \right\}, \quad M_3 = \frac{m_0 \rho_\infty^2}{\rho_1 \rho_2} \cdot \frac{\beta}{B}, \quad \rho = \frac{\rho_1 \rho_2}{m_0 \rho_\infty}, \quad \tau = \frac{\rho_1 \rho_2 a_0}{\mu m_0 \rho_\infty},$$

$$\rho_0 = (1 - m_0)\rho_1 + m_0 \rho_2, \quad \frac{1}{\rho_\infty} = \frac{1 - m_0}{\rho_1} + \frac{m_0}{\rho_2}, \quad \beta = (1 - m_0)\beta_1(1 - \beta_1 K) + m_0 \beta_2, \quad B = (\lambda_1 + 2\lambda_2)^{-1}.$$

Здесь ρ_1, ρ_2 и β_1, β_2 – плотности и коэффициенты сжимаемости твердой и жидкой фаз; m_0 – пористость; μ – динамический коэффициент вязкости; a_0 – параметр, характеризующий фильтрационное сопротивление; λ_1, λ_2 – параметры Ламе; K^{-1} – эффективная сжимаемость скелета среды в целом.

Анализом дисперсионного уравнения (1) занимались Я.И. Френкель, БИО и др. В [2] дается сравнительный анализ работ этих авторов. При этом за основу берется приближенное решение Я.И. Френкеля, которое получено на основе ограничения двумя членами разложения одного из корней дисперсионного уравнения ξ^2 по степеням малого параметра $i\omega\tau$. Нами получено точное выражение корней дисперсионного уравнения и даны некоторое уточнение асимптотики скорости распространения и коэффициенты затухания продольных волн первого и второго рода (по терминологии Я.И. Френкеля).

Разрешая (1) относительно ξ^2 , находим

$$\xi^2 = -B \pm \sqrt{D}, \quad \xi_k = \left[-B + (-1)^k \sqrt{D} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad k=1,2, \quad (2)$$

где $D = B^2 - M_3(1 - \frac{i}{\omega\tau})$, $B = B_1 + iB_2$, $B_1 = \frac{1}{2}M_1$, $B_2 = \frac{1}{2}\frac{M_2}{\omega\tau}$.

Введем обозначения

$$\begin{aligned} S^{(k)} &= \operatorname{Re} \xi_k, \quad \sigma^{(k)} = \operatorname{Im} \xi_k, \\ D_1 &= \operatorname{Re} \sqrt{D}, \quad D_2 = \operatorname{Im} \sqrt{D}, \\ a^k &= -B_1 + (-1)^k D_1, \quad b^k = -B_2 + (-1)^k D_2, \quad k=1,2, \\ a_0 &= B_1^2 - B_2^2 - M_3, \quad b_0 = 2B_1B_2 + i\frac{M_3}{\omega\tau}. \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь и в дальнейшем верхний индекс $k=1, 2$ обозначает параметры, относящиеся к волнам первого и второго родов соответственно.

При этом нетрудно видеть, что вещественная и мнимая часть $\sqrt{D}$ и ξ_k имеют вид

$$\begin{aligned} D_k &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left[(-1)^{k-1} a_0 + \sqrt{a_0^2 + b_0^2} \right]^{\frac{1}{2}}, \\ S^{(k)} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left[a^k + \sqrt{(a^k)^2 + (b^k)^2} \right]^{\frac{1}{2}}, \\ \sigma^{(k)} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \left[-a^k + \sqrt{(a^k)^2 + (b^k)^2} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad k=1,2 \end{aligned} \quad (4)$$

и если положить

$$\frac{\eta}{\omega} = \frac{1}{v} + i \frac{\delta}{\omega},$$

то скорость и коэффициенты затухания соответственно определяются формулами

$$v = \frac{1}{\operatorname{Re} \xi} (B\rho)^{-\frac{1}{2}}, \quad \delta = \omega \operatorname{Im} \xi (B\rho)^{\frac{1}{2}}.$$

Отсюда для волн первого и второго рода имеем

$$v^{(k)} = \frac{1}{S^{(k)} \sqrt{B\rho}}, \quad \delta^{(k)} = \omega \sigma^{(k)} \sqrt{B\rho}, \quad (5)$$

где $S^{(k)}$ и $\delta^{(k)}$ определены формулами (4).

Полученные формулы (4) и (5) имеют место во всем диапазоне изменения параметров задачи и, в частности, параметра $\varepsilon = \omega\tau$. Рассмотрим асимптотику скорости и коэффициента затухания для случаев низкочастотных волн (или больших фильтрационных сопротивлений), т.е. малых

значений $\varepsilon = \omega\tau$ и высокочастотных волн (или малых фильтрационных сопротивлений), т.е. для больших значений $\varepsilon = \omega\tau$.

1. Низкочастотные волны или большие фильтрационные сопротивления.

а) Волны первого рода. С учетом малости ε вещественную и мнимую части $\sqrt{D}$ можно представить в виде

$$\begin{aligned} D_1 &= M_2 \sqrt{D_{11}} \left[1 + \frac{1}{2} \varepsilon^2 \left(\frac{M_4}{M_2^2} - \frac{4D_{11}^2 + D_{12}}{D_{11}} \right) \right] + O(\varepsilon^4), \\ D_2 &= \frac{b_0}{|b_0|} \left[\frac{M_2}{2\varepsilon} + \varepsilon \xi_1 \right] + O(\varepsilon^3), \\ \xi_1 &= \frac{\xi_0}{M_3} [M_3 + M_1 \xi_0 + \xi_0^2], \end{aligned} \quad (6)$$

где $D_{11} = \left(\frac{M_4}{M_2^2} \right)^2$, $D_{12} = 2D_{11} \left(\frac{M_5}{M_2} \right)^2$, $M_4 = M_3 + \frac{1}{2} M_1 M_2$, $M_5 = 4M_3 - M_1^2$.

Подстановкой D_1 и D_2 в a^1 и b^1 , согласно (3), а затем последних – в (4) получим

$$\begin{aligned} S^{(1)} &= \sqrt{\xi_0} \left\{ 1 + \frac{\varepsilon^2}{4\xi_0} \left[\xi_0 f_{11} + f_{11}^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{\xi_1}{\xi_0} \right)^2 \right] \right\} + O(\varepsilon^4), \\ \sigma^{(1)} &= \varepsilon \sqrt{\frac{\xi_0}{2} \left(f_{11}^2 + \frac{\xi_1^2}{2\xi_0^2} - f_{11} \right)} + O(\varepsilon^3), \end{aligned} \quad (7)$$

где

$$\begin{aligned} f_{11} &= -\frac{1}{M_2^2} \left[M_5^2 + 2 \left(\frac{M_4}{M_2} \right)^2 - \frac{1}{2} M_5 \right], \\ f_{12} &= -\frac{1}{8D_{11}^2} \left[(D_{12} - 4D_{11}^2)^2 + 2 \frac{M_5}{M_2^2} D_{11} (D_{12} - 4D_{11}^2) - \frac{M_5}{M_2^4} D_{11}^2 \right], \\ f_0 &= M_2 \left(D_{12} - 4D_{11}^2 + \frac{M_5}{2M_2^2} D_{11} - \frac{1}{16} \frac{M_5^2}{M_2^4} \right). \end{aligned}$$

Подстановкой (7) в (5) находится асимптотика $v^{(1)}$ и $\delta^{(1)}$ с погрешностью $O(\varepsilon^4)$ и $O(\varepsilon^3)$ соответственно. Если в (7) ограничиться членами порядка ε , то получим

$$v^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{\xi_0 B \rho}}, \quad \frac{\delta^{(1)}}{\omega} = \varepsilon \sqrt{\frac{\xi_0}{2} \left(f_{11}^2 + \frac{\xi_1^2}{2\xi_0^2} - f_{11} \right) B \rho}. \quad (8)$$

Первая из этих формул совпадает с выражением скорости волны, приведенным в [2], однако, выражение коэффициента затухания отличается от [2], где $\delta^{(1)}$ имеет вид

$$\delta^{(1)} = \frac{\omega \varepsilon \xi_1}{2\sqrt{\xi_0}}. \quad (9)$$

Это связано с тем, что в точном выражении для $\delta^{(1)}$ существуют слагаемые порядка ε , которые не учитываются в способе Френкеля.

Представляет интерес частный случай, когда можно положить

$$(1-m_0)\beta_1 K \approx 0, \quad \frac{\beta}{B} \approx 0, \quad (10)$$

при этом имеют место равенства

$$\begin{aligned} M_1 &= -1, \quad M_2 = \frac{\rho_\infty}{\rho_0}, \quad M_3 = 0, \quad f_{11} = -\left(\frac{\rho_0}{\rho_\infty}\right)^2, \\ \xi_0 &= \frac{M_3}{M_2} = 0, \quad \xi_1 = \xi_0 \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_\infty}\right), \quad \xi_0 B \rho = \beta \rho_0. \end{aligned} \quad (11)$$

Подстановка (11) в (8) дает

$$v^{(1)} = \frac{1}{\sqrt{\beta \rho_0}}, \quad \frac{\delta^{(1)}}{\omega} = \sqrt{\beta \rho_0} f\left(\frac{\rho_0}{\rho_\infty}\right), \quad (12)$$

где
$$f\left(\frac{\rho_0}{\rho_\infty}\right) = \frac{1}{2} \sqrt{\left(1 - \frac{\rho_0}{\rho_\infty}\right)^2 + 2\left(\frac{\rho_0}{\rho_\infty}\right)^2 + 2\left(\frac{\rho_0}{\rho_\infty}\right)^4}.$$

Легко можно видеть, что $\frac{\rho_0}{\rho_\infty} = 1$, $f\left(\frac{\rho_0}{\rho_\infty}\right) = 1$ при $m_0=0$ и $m_0=1$, причем обе величины достигают своего максимального значения при $m_0=1/2$:

$$\max \frac{\rho_0}{\rho_\infty} = 1.225; \quad \max f\left(\frac{\rho_0}{\rho_\infty}\right) = f(1.225) = 1.374.$$

Таким образом, в рассматриваемом случае

$$\sqrt{\beta \rho_0} \leq \frac{\delta_1}{\omega} \leq 1.374 \sqrt{\beta \rho_0}.$$

б) Волны второго рода. Аналогично (7) находим

$$\begin{cases} S^{(2)} = \sqrt{\frac{M_2}{2\varepsilon}} \left\{ 1 + \frac{f_{21}}{2M_2} + \varepsilon^2 \frac{f_{21}^2 + 2M_2 \xi_1}{4M_2^2} + \varepsilon^3 \frac{f_{22}}{2M_2} \right\} + O\left(\varepsilon^{7/2}\right) \\ \sigma^{(2)} = \sqrt{\frac{M_2}{2\varepsilon}} \left\{ 1 - \frac{f_{21}}{2M_2} + \varepsilon^2 \frac{2M_2 \xi_1 + f_{21}^2}{2M_2} + \varepsilon^3 \frac{f_{22}}{2M_2} \right\} + O\left(\varepsilon^{7/2}\right) \end{cases}, \quad (13)$$

где $f_{21} = -\left(2\frac{M_3}{M_2} + \frac{3}{2}M_1\right)$, $f_{22} = f_{11} \frac{M_4}{M_2}$.

В случае волн очень низкой частоты или очень больших фильтрационных сопротивлений, когда $\varepsilon \ll 1$, можно положить

$$S^{(2)} = \sqrt{\frac{M_2}{2\varepsilon}}, \quad \sigma^{(2)} = \sqrt{\frac{M_2}{2\varepsilon}},$$

и, следовательно, имеет место быстро затухающая волна, распространяющаяся с малой скоростью:

$$v^{(2)} = \sqrt{\frac{2\varepsilon}{M_2 B \rho}}, \quad \frac{\delta^{(2)}}{\omega} = \sqrt{\frac{M_2 B \rho}{2\varepsilon}}.$$

В предельном случае $\varepsilon \rightarrow 0$ скорость волны $v^{(2)} \rightarrow 0$ и происходит мгновенное затухание ($\delta^{(2)} \rightarrow \infty$), что согласуется с [2].

2. Высокочастотные волны или очень малые фильтрационные сопротивления. В этом случае, разлагая $\sqrt{D}$ по степеням $1/\varepsilon$ ($\varepsilon = \omega\tau$) и ограничиваясь величинами порядка $O(1/\varepsilon^2)$, имеем

$$\begin{cases} S^{(1)} = -\frac{1}{\sqrt{2}}\left(\frac{M_1}{2} + D_1\right), \sigma^{(1)} = -\frac{1}{\sqrt{2}}\left(\frac{M_2}{2\varepsilon} + D_1\right), \\ S^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(D_1 - \frac{M_1}{2}\right), \sigma^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{2}}\left(D_2 - \frac{M_2}{2\varepsilon}\right), \end{cases} \quad (14)$$

где

$$D_1 = \sqrt{\frac{d_{11}}{2}}\left(1 + \frac{d_{12}}{2d_{11}}\frac{1}{\varepsilon^2}\right) + O\left(\frac{1}{\varepsilon^4}\right), \quad D_2 = \sqrt{\frac{d_{21}}{2}}\left(1 + \frac{d_{22}}{2d_{21}}\frac{1}{\varepsilon^2}\right) + O\left(\frac{1}{\varepsilon^4}\right),$$

$$d_{11} = \frac{1}{4}(|M_5| + M_5), \quad d_{22} = \frac{8}{M_5^2}\left(M_4^2 - \frac{1}{8}M_5M_2^2\right) + \frac{M_2^2}{4},$$

$$d_{21} = \frac{1}{4}(|M_5| - M_5), \quad d_{12} = \frac{1}{4|M_5|}\left(8M_4^2 - M_5M_2^2\left(1 + \frac{M_5}{4}\right)\right).$$

Скорость волны $v^{(k)}$ и коэффициент затухания $\delta^{(k)}$ находятся по формуле (5), где $S^{(k)}$ и $\sigma^{(k)}$ берутся из (14). Их предельные значения $v^{(k)}\big|_{\varepsilon \rightarrow \infty} = v_\infty^{(k)}$ и $\delta^{(k)}\big|_{\varepsilon \rightarrow \infty} = \delta_\infty^{(k)}$ при $\varepsilon \rightarrow \infty$ получаем подстановкой $D_1 = \frac{1}{2}\sqrt{M_1^2 - 4M_3}$, $D_2 = 0$ в a^k и b^k .

При этом в частном случае, когда имеет место условие (10) $S^{(1)} \approx \sqrt{\frac{M_3}{|M_1|}} \approx 0$, $\sigma^{(1)} \approx 0$ и

$$\text{при фиксированном } \omega \quad \delta_\infty^{(1)} \approx 0, \text{ но } v^{(1)} \approx \sqrt{\frac{|M_1|}{M_3 B \rho}} = \frac{1}{\sqrt{\beta \rho_\infty}}.$$

В случае волн второго рода аналогично волнам первого рода получим

$$v_\infty^{(2)} = \frac{1}{\sqrt{B \rho}}, \quad \frac{\delta^{(2)}}{\omega} \approx 0.$$

Таким образом, если в случае высокочастотных волн или очень малых фильтрационных сопротивлений имеют место условия (10), то продольная волна распространяется без затухания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Николаевский В. Н. Механика пористых и трещиноватых сред. М.: Недра, 1984. – 232 с.
- [2] Николаевский В. Н., Басниев Х. С., Горбунов А. Т., Зотов Г. А. Механика насыщенных пористых сред. М.: Недра. – С. 289.
- [3] Нигматулин Р. И. Динамика многофазных сред. Ч. 1. М.: Наука, 1987. – С. 464.

Национальный университет Узбекистана
им. Мирзо Улугбека

Дата поступления
16.03.2016

А. Бегматов. Тўйинган зовак муҳитдаги бўйлама тўлқинлар ҳақида

Текис гармоник бўйлама тўлқинларнинг тўйинган зовак муҳитда тарқалиши масаласи қаралган. Дисперсион тенглама илдизларининг аниқ кўриниши олинган; юқори ва паст частотали тўлқинлар учун тезлик ва сўниш коэффициентининг асимптотикаси аниқлаштирилган.

A. Begmatov. About longitudinal waves in the sated porous environment

The problem about distribution of flat harmonious longitudinal waves to the sated porous environment is considered. Exact expression of roots of the dispersive equation is received; speeds asymptotics and factor of attenuation for cases of high-frequency and low-frequency waves are specified.

О ФОРМИРОВАНИИ РУСЕЛ В БЬЕФАХ НИЗКОНАПОРНЫХ ПЛОТИН НА РАВНИННЫХ УЧАСТКАХ РЕК

Возведение на реках гидротехнических сооружений и создание в их верхних бьефах озеровидных регулирующих ёмкостей вызывают нарушение естественного режима и во многих случаях приводят к существенным трансформациям русла в верхних и нижних бьефах сооружений. Для низконапорных гидроузлов наиболее важное значение имеют русловые переформирования в их бьефах, вызываемые затруднениями и вредными последствиями, в частности, процессами занесения.

Они выражаются в виде подъёма дна и уровня воды вследствие отложения наносов в русле, часто сопровождающегося образованием мели, делением русла на рукава и интенсивным блужданием реки по пойме с отмиранием одних рукавов, возникновением и разработкой новых, сильными размывами берегов поймы в одних местах и отложением продуктов размыва в других. После занесения верхнего бьефа практически все наносы начинают поступать в нижний бьеф и с течением времени бьеф начинает заваливаться наносами. Эти завалы могут быть весьма значительными и в ряде случаев приводят к нарушению нормальной эксплуатации гидроузлов.

Для прогнозирования процессов переформирования и особенно заиления взвешенными и занесения донными наносами бьефов особенно важно установить продолжительность этапов формирования русла и их критериальные показатели.

Для оценки хода русловых переформировании подпёртых бьефов низконапорных плотин можно использовать формулы с безразмерными членами, определяемыми по данным натурных и лабораторных исследований. Введём несколько обозначений:

- относительный объём заиления

$$\eta_v = \frac{V}{V_{II}}; \quad (1)$$

-относительная мутность потока

$$\beta = \frac{\rho}{\rho_0}; \quad (2)$$

-относительная площадь заиления

$$\eta_F = \frac{F_3}{F_n}; \quad (3)$$

-относительная длина распространения подпора

$$\varphi_l = \frac{L}{L_n}; \quad (4)$$

-относительная глубина деформации в нижнем бьефе

$$\alpha_h = \frac{h}{h_\delta}; \quad (5)$$

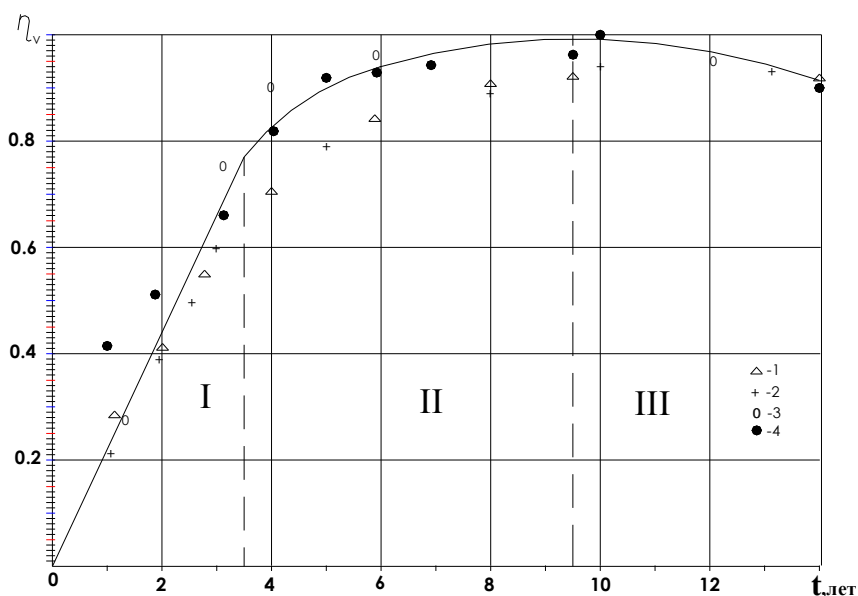
где V – объём заиления подпорного бьефа или его расчётного участка; V_{II} – предельно заиляемый объём, в рассматриваемых условиях равен объёму водохранилища или отдельного расчётного участка; ρ – мутность потока у гидроузла или в произвольно выбранном расчетном створе подпорного бьефа; ρ_0 – мутность потока во входном створе водохранилища; F_3 – площадь заиления на расчётных поперечниках подпорного бьефа; F_n – предельно заиляемая площадь на расчётном поперечнике; L_n – длина первоначального подпора; L – длина распространения отложений в подпёртых бьефах; h – глубина потока в нижнем бьефе в процессе деформации; h_δ – бытовая глубина потока в нижнем бьефе.

Опыт эксплуатации гидроузлов показывает, что в верхнем бьефе первоначально происходит заиление взвешенными и в дальнейшем занесение его донными наносами, а в нижнем бьефе

непосредственно за сооружением наблюдаются местный размыв и общие размывы на значительной длине русла.

Лабораторные исследования А.М. Мухамедова [1] на модели пяти крупных гидроузлов, а также изучение в натуре ряда гидроузлов [1, 4 – 7] показали, что значительное заиливание и занесение верхнего бьефа, с одной стороны, местный и общий размыв русла в нижнем бьефе –, с другой вызывает определённые эксплуатационные затруднения в гидроузлах. В результате этих исследований были получены общие закономерности процесса деформации русла в бьефах в зависимости от расхода реки и количества приносимых потоком наносов, от величины подпора и от режима эксплуатации гидроузла. Таким образом, при проектировании необходимо учитывать этапы перестроения русел верхнего и нижнего бьефов плотин.

В отличие от этапов заиливания водохранилищ, по И.И. Леви [6] и А.В. Караушеву [5], а также данным натурных исследований [2, 3], заиливание и занесение подпорного бьефа низконапорного гидроузла происходит следующим образом. В первые годы эксплуатации гидроузла при подпорном режиме все транспортируемые рекой влекомые наносы задерживаются в аккумулирующей ёмкости верхнего бьефа. В силу этого накопление наносов в подпорном бьефе осуществляется линейно по времени (рисунок).



Зависимость относительного объема заиливания подпорного бьефа от времени эксплуатации: I, II, III — этапы формирования бьефов плотины соответственно процессами заиливания, заиливания + занесения и занесения;
 1 — Кампыратовская плотина на р. Карадарье [1]; 2 — Майкопская плотина на р. Белой [2];
 3 — Аустинское водохранилище [2]; 4 — Тахиаташская плотина на р. Амударье [3]

Линейная связь $V/V_0=f(t)$ имеет место до тех пор, пока ряд влекомых наносов не подойдет вплотную к плотине. Время с начала заиливания подпорного бьефа до начала поступления наносов в нижний бьеф будет безнаносным и считается допустимым временем заиливания верхнего бьефа $t_{ган}$. Объем наносов, накопившихся в верхнем бьефе за это время, считается допустимым объемом заиливания $V_{ган}$. Период от момента начала заиливания верхнего бьефа до момента $t_{ган}$ считается первым этапом процесса заиливания. После этого за счет попадания части наносов в нижний бьеф зависимость $V/V_0=f(t)$ из линейной превращается в кривую. Увеличение транспортирующей способности потока в заиленном верхнем бьефе приводит к все большему завлечению наносов в нижний бьеф. Наконец, наступает такой момент, когда наносы, не задерживаясь в верхнем бьефе, транзитом проходят в нижний бьеф. Время, истекшее с начала заиливания верхнего бьефа до указанного момента, будет временем стабилизации процесса аккумуляции влекомых рекой наносов — $t_{стаб}$, а объем отложений за это время — предельным $V_{пред}$. Период времени между $t_{ган}$ и $t_{стаб}$ является вторым этапом заиливания + занесения верхнего бьефа. Русловой поток во вновь сформированном

русло обладает, начиная с момента времени $t_{смаб}$, транспортирующей способностью, обеспечивающей беспрепятственное влечение всех поступающих с вышележащих участков реки наносов. Больше величины $V_{пред}$ при данных гидравлических характеристиках потока наносов в верхнем бьефе задерживаться не будет. Поэтому на третьем этапе происходит процесс занесения подпорных бьефов и, начиная с момента $t_{смаб}$, не ограничен по времени завершения.

В соответствии с вышеприведёнными результатами исследований целесообразны этапы процессов формирования, приведенные в таблице.

Этапы формирования русловых процессов в бьефах низконапорных плотин

Этапы формирования	Наименование процессов			
	в верхнем бьефе	$\varphi_1=L/L_{II}$	в нижнем бьефе	$\alpha_h=h_1/h_\delta$
I	Откладываются все влекомые наносы и часть взвешенных. Концом этапа является начало поступления в нижний бьеф влекомых наносов и полный транзит взвешенных	$\varphi=1.0-2.0$	Происходит интенсивный размыв русла и понижение уровня воды. В конце этапа начинают поступать в бьеф влекомые наносы. Размыв русла достигает своего максимума.	$\alpha_h>1.0$
II	Отложение влекомых наносов убывает, вынос их в нижний бьеф возрастает. В конце этапа наблюдается появления крупных русловых форм.	$\varphi=3-4$	Поступление влекомых наносов возрастает и превышает соответствующую по транспортирующей способности долю сбросного расхода. Дно наращивается и к концу этапа происходит восстановление по отметкам ранее существовавшего бытового русла.	$\alpha_h>1.0-0.6$
III	Отложение влекомых наносов постепенно затухает. К концу этапа наступает почти полный транзит наносов, по характеру близкий к бытовым условиям.	$\varphi\geq 5$	Происходит поступление крупных русловых форм и занесение нижнего бьефа сверх восстановленного бытового русла. К концу этапа занесение приводит к затруднениям с регулированием.	$\alpha_h<0.6$

Подобная периодизация только с общими представлениями, без учёта границы формирования, ранее была предложена С.Т. Алтуниным [4], В.Н. Шолоховым для горно-предгорных участков рек [7]. Нами в результате анализа многочисленных натурных и теоретических исследований дополнены и уточнены периоды формирования процессов заиливания и занесения, происходящих в бьефах низконапорных гидроузлов при эксплуатации (таблица, рисунок).

Первоначальное место отложений влекомых наносов в подпёртом бьефе – зона выклинивания кривой подпора. Длина распространения отложений в подпёртых бьефах, несмотря на незначительность подпора, обычно велика. На участках верхнего бьефа равнинных рек она достигает в конце I этапа 1.5 – 2 длины первоначального подпора, определяемого зависимостью

$$L_n = \frac{\Delta H}{i_\delta}, \quad (6)$$

в конце II этапа – 3 – 4 длины, в конце III этапа – 5 – 7 длин. Согласно исследованиям [4, 7], длина кривой подпора зависит от ширины (узких или широких) бьефов, от профиля и формы бьефа в плане.

Объем наносов, откладывающихся в верхнем бьефе, определяется по формуле

$$V_3 = \frac{\rho Q T}{\gamma_i} (1 - \eta_v), \quad (7)$$

Объем размыва в нижнем бьефе – по формуле

$$V_p = \frac{\rho_H \overline{U_H} Q_H T_n}{U_{\bar{a}\delta} \gamma_{\bar{a}\delta}} \left(1 - \frac{G}{G_0} \right), \quad (8)$$

где Q – среднемесячный расход воды расчётного года: $\rho = \rho_{\text{взв}} + \rho_{\text{дон}}$ – суммарная мутность потока в расчётном створе. По исследованиям авторов [1, 4, 8, 9], сток донных наносов для р. Амурдарья за год составляет 5.62 % от полных стоков наносов. γ_n – объемный вес наносных отложений верхнего

бьефа; T и T_n – время заиления верхнего и размыва нижнего бьефов; ρ_H и $\bar{U}_H$ – мутность потока и средняя гидравлическая крупность наносов в нижнем бьефе; Q_H – среднемесячный сбросной расход воды; $\bar{U}_{cp}$ и γ_{cp} – средняя гидравлическая крупность и объемный вес грунта размываемого дна нижнего бьефа; G – сбросной сток наносов (за плотиной); G_0 – сток наносов в конечном расчётном створе.

Продолжительность этапов формирования зависит от величины подпора, уклона участка, величины твердого стока и водозабора на узле.

Для плотин с подпором до 4 м и с широким бьефом на равнинных участках реки продолжительность формирования I этапа не превышает 3 – 4 лет, а II этапа достигает 5 – 6 лет.

Роль взвешенных и влекомых наносов в заилении и занесении подпорных бьефов плотин на равнинных участках различна. Взвешенные наносы наиболее активно участвуют в заилении бьефов к концу I этапа. На II этапе доля участия взвешенных наносов постоянно уменьшается за счёт вытеснения их из отложений движущейся грядой влекомых наносов. Следовательно, на II этапе формирования происходит заиление взвешенными и занесение донными наносами. По мере приближения к концу II этапа заиление практически исключается. На III этапе формирования полностью происходит занесение бьефов влекомыми наносами.

Таким образом, вышеприведенные результаты исследования можно использовать для прогнозирования русловых процессов в бьефах низконапорных гидроузлов, построенных на равнинном участке рек.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мухамедов А. М. Эксплуатация низконапорных гидроузлов на реках, транспортирующих наносы. Ташкент: Фан, 1976. – 238 с.
- [2] Лапшенков В. С. Прогнозирование русловых деформаций в бьефах речных гидроузлов. Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 240 с.
- [3] Байманов К. И. Натурные исследования переформирования бьефов Тахиаташского гидроузла // Гидротехническое строительство. М., 2001. № 12. С. 42 – 47.
- [4] Алтунин С. Т., Бузунов И. А. Вопросы формирования и расчёта русел рек у гидроузлов // Труды Института сооружений АН Уз. Вып. VII. Ташкент, 1955. С. 22 – 31.
- [5] Караушев А. В. Теория и методы расчёта речных наносов. Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 272 с.
- [6] Шапиро Х. Ш. Модельные исследования заиления и промыва отложений в верхнем бьефе Кызыл-Аякского гидроузла на р. Амударье // Труды координационных совещаний по гидротехнике. Вып. 36. Л.: Энергия, 1967. С. 121 – 130.
- [7] Шолохов В. Н. К вопросу о формировании русел в бьефах низконапорных плотин на горно-предгорных участках рек // Труды САНИИРИ. Вып. 84. 1957. – 36 с.
- [8] Леви И. И. Динамика русловых потоков. М.: Л.: Госэнергоиздат, 1957. – 252 с.
- [9] Абдураупов Р. Р. Изучение процесса завала наносами нижнего бьефа низконапорных гидроузлов // Труды координационных совещаний по гидротехнике. Вып. 36. Л.: Энергия. 1967. С. 237 – 234.
- [10] Байманов Р. К. Переформирование русел рек на нижних бьефах низконапорной плотины // Узбекский журнал «Проблемы механики». 2014. № 1. С. 47 – 51.

Каракалпакский государственный университет им. Бердаха

Дата поступления
31.03.2016

Р.К. Байманов. Текислик даръёси қисмларидаги паст босимли тўғон бьефлари ўзанларининг шаклланиши ҳақида

Мақолада дала тадқиқотлари натижалари бўйича паст босимли тўғон бьефларидаги ўзан ҳосил бўлиш жараёнининг шаклланишини тавсифловчи бир қатор ҳолатлар ва қонунлар кўриб чиқилган.

R.K. Baymanov. On formation of watercourses in pools of low – pressured dams on flat arcs of rivers

A number of regularities, characterizing the formation of watercourse processes in pools of low – pressured dams according to the results of natural researches are determined in this article.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСТЕКАНИЯ ПОТОКА, ОДНОСТОРОННЕ СТЕСНЕННОГО КОМБИНИРОВАННЫМИ ДАМБАМИ СТУПЕНЧАТОЙ ЗАСТРОЙКИ, ЗА СЖАТЫМ СЕЧЕНИЕМ (НАЧАЛЬНЫЙ УЧАСТОК)

В Республике Узбекистан большое внимание уделяется проблеме защиты прибрежных земель, населенных пунктов, инженерных сооружений от разрушительного воздействия паводковых вод [1].

Берегозащитные и противопаводковые мероприятия ведутся на таких крупных реках, как Амударья и Сырдарья и их притоках.

Частые повреждения и разрушения построенных защитных сооружений свидетельствуют как о несовершенстве их конструкций, так и о недостаточной обоснованности прогнозных расчетов по определению основных параметров стесненного русла и сооружения.

Наиболее капитальными сооружениями являются комбинированные дамбы, сочетающие в себе положительные стороны глухих и сквозных дамб: отклонение потока от защищаемого берега, не допускающее обход потока с корня и пропуск части расхода у оголовки, уменьшающее глубину местного размыва.

Для повышения эффективности работы комбинированных дамб их выполняют с переменной либо со ступенчатой застройкой.

При стеснении русла комбинированными дамбами образуются области подпора, сжатия и растекания [2].

В статье рассматривается область растекания за сжатым сечением (рисунок), односторонне стесненного комбинированной дамбой при наличии начального участка струи. Как видно из расчетной схемы, задача в данном случае отличается от двухстороннего стеснения (начальный участок) наличием пристенного пограничного слоя у противоположного берега толщиной δ .

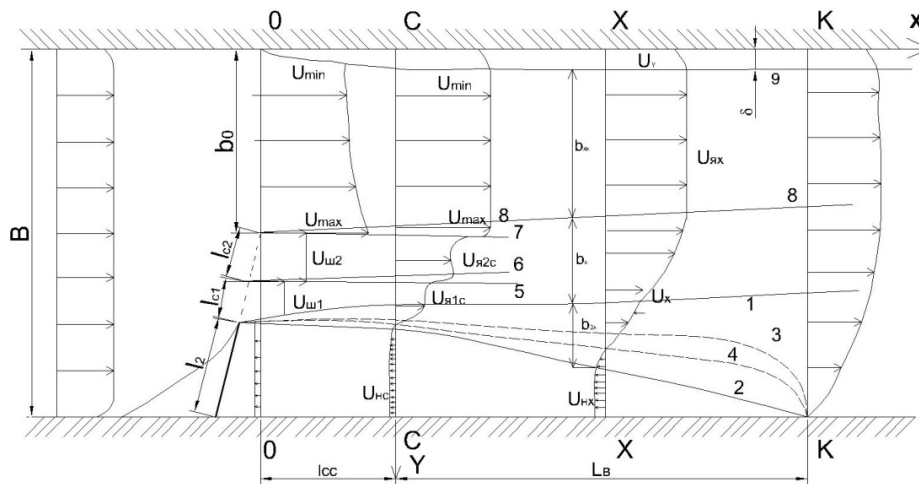


Схема растекания потока, односторонне стесненного комбинированной дамбой со ступенчатой застройкой (начальный участок)

Распределением скоростей в пристенном пограничном слое зададимся в соответствии с [3]:

$$\text{в сжатом сечении} \quad \frac{U_{яc} - U_y}{U_{*c}} = 2.21 \ln \frac{\delta_c}{y}, \quad (1)$$

$$\text{в сечении } X-X \quad \frac{U_{яx} - U_y}{U_{*c}} = 2.21 \ln \frac{\delta}{y},$$

где $U_{*c} = \sqrt{\frac{\tau_c}{\rho}}$ – динамическая скорость; $\tau_c = \rho \frac{\lambda_c U_{яx}^2}{2}$ – касательное напряжение на трение берега; $\frac{1}{\sqrt{\lambda_c}} = 4 \ln \frac{R}{\Delta} + 4.25$ – коэффициент гидравлического трения берега; $\delta = 3.7 \lambda_c b_x$ – толщина пристенного пограничного слоя.

Распределение скоростей в зоне турбулентного перемешивания ($Y_2 - Y_1$) примем по Шлихтингу – Абрамовичу [4]

$$\frac{U_x - U}{U_x - U_{нх}} = (1 - \eta^{3/2})^2. \quad (2)$$

Здесь $\eta = \frac{Y_2 - Y_1}{b_{3x}}$; Y – ордината точки, где определяется U ; $U_{нх}$ – скорость обратных токов; U_x – скорость на границе двух зон интенсивного турбулентного перемешивания; $b_{3x} = b_{3c} + (0.14 + 0.15)x = b_{3c} + 0.29x$ – ширина зоны.

Исследования показали взаимодействие двух спутных потоков и ядра формирования единой зоны интенсивного турбулентного перемешивания за сквозными частями [5] между лучами 0 – 1 и 0 – 8 с распределением скоростей

$$\frac{U_{яx} - U}{U_{яx} - U_x} = (1 - \eta^{4/3})^2, \quad (3)$$

где $\eta = \frac{Y_1 - Y}{b_x}$; $b_x = b_c + (K_8 - K_1)x = b_c + (0.07 - 0.14)x = b_c - 0.07x$ – ширина зоны.

Определение границ гидравлически однородных зон дано в нашей предыдущей статье [6].

Учитывая незначительное увеличение глубины в области растекания, примем его среднее значение

$$h = (h_c + h_o) / 2.$$

Неизвестными являются следующие гидравлические параметры потока: скорость в слабо-возмущенном ядре $U_{яx}$, скорость на границе двух зон интенсивного турбулентного перемешивания U_x , скорость в обратных токах $U_{нх}$, длина водоворотной зоны за сжатым сечением L_o .

Запишем следующие уравнения сохранения импульса в потоке и расхода для сечений $C - C$ и $X - X$ в области растекания:

$$\begin{aligned} \rho h \int_0^{\delta_c} U^2 dy + \rho U_{яc}^2 h b_{яc} + \rho h \int_{Y_8}^{Y_7} U^2 dy + \rho U_{я2c}^2 h b_{я2c} + \rho h \int_{Y_6}^{Y_5} U^2 dy + \rho U_{я1c}^2 h b_{я1c} + \rho h \int_{Y_1}^{Y_2} U^2 dy = \\ = \rho h \int_0^B U^2 dy + \rho \int_0^X h \int_0^B \frac{\lambda_{я} U^2}{2} dy dx, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\rho h \int_0^{\delta_c} U dy + U_{яc} h_{яc} b_{яc} + \int_{Y_8}^{Y_7} U dy + U_{я2c} b_{я2c} h + h \int_{Y_6}^{Y_5} U dy + U_{я1c} b_{я1c} h + h \int_{Y_1}^{Y_2} U dy = h \int_0^B U dy. \quad (5)$$

Выполнив интегрирование в (4) и (5) с учетом (1, 2, 3) и разделив соответственно на $U_{яx}^2 b_0$ и $U_{яx} b_0$, получим

$$\begin{aligned} \overline{\delta_x F_3} + \overline{b_{яx}} + \overline{b_x} (0.449 + 0.271 m_x + 0.281 m_x^2) + 0.449 m_x^2 \overline{b_{3x}} = \\ = \left[\frac{U_{яc}^2}{U_{яx}^2} (\overline{\delta_c F_3} + \overline{b_{яc}} + \overline{b_{1c}} F_1) + \frac{U_{я2c}^2}{U_{яx}^2} (\overline{b_{я2c}} + \overline{b_{2c}} F_2) + \frac{U_{я1c}^2}{U_{яx}^2} (\overline{b_{я1c}} + 0.416 \overline{b_{3c}}) \right] e^{-\frac{\lambda x}{2h}}, \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \overline{\delta_x} F_4 + \overline{b_{яx}} + \overline{b_x} (0.584 + 0.416 m_x) + 0.584 m_x b_{3x} = \frac{U_{яc}}{U_{яx}} [\overline{\delta_c} F_4 + \overline{b_{яc}} + \overline{b_{1c}} (0.55 + 0.45 m_{я2c})] + \\ + \frac{U_{я2c}}{U_{яx}} [\overline{b_{я2c}} + \overline{b_{2c}} (0.55 + 0.45 m_{яx})] + \frac{U_{я1c}}{U_{яx}} (\overline{b_{я1c}} + 0.55 b_{3c}). \end{aligned} \quad (7)$$

Найдем из (6) закономерности изменения скоростей в слабозмущенном ядре в области растекания

$$\frac{U_{яx}}{U_{яc}} = \sqrt{\frac{[\overline{\delta_c} F_3 + \overline{b_{яc}} + \overline{b_{я1c}} F_1 + m_{я2c}^2 (\overline{b_{я2c}} + \overline{b_{я1c}} F_2) + m_{я1c}^2 (\overline{b_{я1c}} + 0.416 \overline{b_{3c}})] e^{-\frac{a\zeta}{2}}}{\overline{\delta_c} F_3 + \overline{b_{яx}} + \overline{b_x} (0.499 + 0.271 m_x + 0.281 m_x^2) + 0.449 m_x^2 \overline{b_{3x}}}}, \quad (8)$$

где $\overline{\delta_c} = \delta_c / b_0$; $\overline{b_{яc}} = b_{яc} / b_0$; $\overline{b_{1c}} = b_{1c} / b_0$; $\overline{b_{я2c}} = b_{я2c} / b_0$; $\overline{b_{2c}} = b_{2c} / b_0$; $\overline{b_{я1c}} = b_{я1c} / b_0$; $\overline{b_{3c}} = b_{3c} / b_0$; $\overline{\delta_x} = \delta_x / b_0$; $\overline{b_{яx}} = b_{яx} / b_0$; $\overline{b_x} = b_x / b_0$; $\overline{b_{3x}} = b_{3x} / b_0$; $a = \lambda_0 B_{cp} / h$; $\zeta = x / b_0$; $m_{я1c} = U_{я1x} / U_{яc}$; $m_{я2c} = U_{я2x} / U_{яc}$; $m_x = U_x / U_{яx}$; $F_1 = 0.416 + 0.268 m_{я2c} + 0.316 m_{я2c}^2$; $F_2 = 0.416 + 0.268 m_{я1c} + 0.316 m_{я1c}^2$; $F_3 = 1 - 4.42 \sqrt{\lambda_c / 2} + 4.884 \lambda_c$; $B_{cp} = (B_{сж} + B) / 2$; $B_{сж} = B - l_0 \sin \alpha_0$.

Совместное решение (6) и (7) приведет к квадратному уравнению для определения относительных скоростей m_x

$$A_1 m_x^2 + A_2 m_x + A_3 = 0, \quad (9)$$

где $A_1 = \Phi_2^2 B_6 - 2 B_3 B_4 \Phi_1$; $A_2 = 0.271 B_5 - B_3^2 \Phi_1$; $A_3 = \Phi_2^2 B_3 - B_3^2 \Phi_1$;

$$\Phi_1 = [\overline{\delta_c} F_3 + \overline{b_{яc}} + \overline{b_{я1c}} F_1 + m_{я2c}^2 (\overline{b_{я2c}} + \overline{b_{я1c}} F_2) + m_{я1c}^2 (\overline{b_{я1c}} + 0.416 \overline{b_{3c}})] e^{-\frac{a\zeta}{2}}$$

$$\Phi_2 = \overline{\delta_c} F_4 + \overline{b_{яc}} + \overline{b_{1c}} (0.55 + 0.44 m_{я2c}) + m_{я2c} \overline{b_{я2c}} + m_{я2c} \overline{b_{2c}} (0.55 + 0.44 m_{я1c});$$

$$B_1 = \overline{b_{яc}} + 0.55 \overline{b_{я1c}}; B_2 = 0.55 + 0.45 m_{я1c}; B_3 = \overline{b_{яx}} + 0.584 \overline{b_x}; B_4 = 0.416 \overline{b_x} + 0.584 \overline{b_{3x}}.$$

Расчеты по уравнению (9) показывают, что уравнение имеет два корня, один из которых больше единицы. Это противоречит физическому смыслу $U_x < U_{яx}$, поэтому за расчетный прием корень уравнения меньше единицы.

При выводе расчетных зависимостей мы пренебрегли значением обратных скоростей U_{hx} , хотя имеется возможность приближенно оценить величину этих скоростей. При регулировании русел, сложенных из мелкого песка типа Амударьи, даже небольшие обратные скорости в области водоворота могут привести к размыву защищаемого берега. Зная эту скорость, мы можем прогнозировать размыв защищаемого берега.

Определяя U_{hx} , воспользуемся уравнением сохранения расхода, записанного для сечений $C - C$ и $X - X$, для всего потока. При этом ход решения (5) остается прежним, поэтому окончательно запишем

$$m_{hx} = \frac{\frac{U_{яc}}{U_x} M_1 + \frac{U_{я2c}}{U_x} M_2 + \frac{U_{я1c}}{U_x} M_3 - \frac{1}{m_x} M_4 - 0.55 \overline{b_{3x}}}{\overline{B} - \overline{\delta_x} - \overline{b_{яx}} - \overline{b_x} - 0.55 \overline{b_{3x}}}, \quad (10)$$

где $M_1 = \overline{\delta_c} F_4 + \overline{b_{яc}} + \overline{b_{1c}} (0.55 + 0.44 m_{я2c})$; $M_2 = \overline{b_{я2c}} + \overline{b_{2c}} (0.55 + 0.44 m_{я1c})$;

$M_3 = \overline{b_{я1c}} + \overline{b_{3c}} (0.55 + 0.45 m_{яx})$; $M_4 = \overline{\delta_x} F_4 + \overline{b_{яx}} + \overline{b_x} (0.584 + 0.416 m_x)$.

Определенный интерес представляет значение обратных скоростей в самом сжатом сечении. В уравнении (5) правая сторона равна Q , из этого условия определим скорости в обратных токах в сжатом сечении

$$m_{nc} = \frac{\frac{Q}{U_{я1c} b_0 h_c} - \frac{U_{яc}}{U_{я1c}} M_1 + \frac{U_{я2c}}{U_{я1c}} M_2 - \overline{b_{я1c}} - 0.55 \overline{b_{3c}}}{B - \overline{b_{я1c}} - \overline{b_{1c}} - \overline{b_{я2c}} - \overline{b_{я1c}} - 0.55 \overline{b_{3c}}}. \quad (11)$$

Длину области растекания найдем из следующего уравнения установившегося неравномерного движения с учетом касательных турбулентных напряжений на боковых поверхностях [7]:

$$\frac{\partial h}{\partial x} = i_0 + \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{1}{W^3} \frac{\partial W}{\partial x} + \frac{\alpha Q^2}{g} \frac{Bx}{W^3} \frac{\partial h}{\partial x} - \frac{Q^2 \lambda_0}{2gW^2 B_{cp}} + \frac{Q^2 \lambda_0}{W^2 2gh} \frac{\partial \tau}{\partial y}.$$

Турбулентное касательное напряжение на боковых поверхностях принято по Прандтлю

$$\frac{\partial \tau}{\partial y} = \rho \wp^2 \frac{Q^2}{W^2 b} (1 - m')^2,$$

где $\wp$ – постоянная Кармана, равная 0.21;

$$m' = \frac{U_n}{V_m}.$$

Здесь V_m – средняя скорость транзитного расхода.

Принято, что

$$W = B_x h = B_x (h_{cc} + \Im x),$$

где $\Im = i_0 + i_{об}$; $\frac{\partial h}{\partial x} = \Im = \frac{h_0 - h_c}{L_B}$; $B_{cp} = (B_T + B)/2$.

Интегрирование уравнения при тех же допущениях, как в работе М.Р. Бакиева [2], приводит к зависимости для определения длины водоворотной зоны за сжатым сечением

$$L_B = \frac{A}{E} \ln \frac{B}{B_T} \sqrt{\frac{DB_T^2 + E}{DB^2 + E}}, \quad (12)$$

где $A = 2\alpha Q^2 h_{cp}$; $D = 2gi_{об} h_{cp}^2$; $E = Q^2 \left(\frac{\lambda_0 h_{cp}}{B_{cp}} + \lambda_0 + 2.88 \wp^2 \frac{h_{cp}}{b_{cp}} - 4\alpha \Im \right)$; $h_{cp} = (h_{cc} + h_0)/2$;

$B_{cp} = (B_T + B)/2$; $b_{cp} = (b_c + b_{3x})/2$; B_T – ширина транзитного потока в сжатом сечении; λ_0 , λ_0 – коэффициент гидравлического трения дна и берега; $i_{об}$ – обратный уклон водной поверхности.

По данным М.А. Михалева [7], при $\frac{\lambda_0 B_{cp}}{h_{cp}} > 0.2$ обратный уклон не будет формироваться,

в связи с чем предлагается более простая зависимость

$$L_B = \frac{2\alpha h_{cp}}{\frac{\lambda_0 h_{cp}}{B_{cp}} + \lambda_0 + 2.88 \wp^2 \frac{h_{cp}}{b_{cp}} - 4\alpha i_0} \ln \frac{B}{b_m}. \quad (13)$$

Корректив кинетической энергии по данным экспериментов $\alpha=1.33$.

Таким образом, одним из эффективных конструкций берегозащитных сооружений являются комбинированные дамбы со ступенчатой застройкой по длине, с уменьшением коэффициента застройки в направлении оголовка. Гидравлические параметры потока, односторонне стесненного комбинированной дамбой, в области растекания такие, как скорость, в слабозмущенном ядре $U_{яx}$, скорость на границе двух зон интенсивного турбулентного перемешивания U_x , скорость в обратных токах U_{hx} , длина водоворотной зоны за сжатым сечением L_0 изменяются с изменением начальных параметров потока и сооружения.

Непосредственные расчеты по определению длины водоворотной зоны L_0 и опытные данные показывают, что эта длина на 15 – 20 % больше по сравнению с обычной глухой дамбой. Эта

разница возрастает с увеличением коэффициентов застройки сквозных частей P_1 , P_2 , при одинаковых длинах глухой части l_e . Возрастает и длина участка восстановления бытовых скоростей за водоворотной зоной.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан. №13, от 21.01.2014 г. // Интернет-портал: www.mv.gov.uz.
- [2] Бакиев М.Р. Совершенствование конструкций, методов расчетного обоснования и проектирования регулирующих сооружений: Автореф. дис. ... докт.техн. наук. М., 1992. – 57 с.
- [3] Михалев М.А. Гидравлический расчет потоков с водоворотом. Л.: Энергия, 1971. – 184 с.
- [4] Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй. М., 1960. – 716 с.
- [5] Саад Сиддик Слиман. Совершенствование методов расчетного обоснования и конструкций сквозных шпор со ступенчатой застройкой по длине: Автореф. дис. ... канд.техн.наук. М., 1990.
- [6] Бакиев М.Р., Шукурова С.Э. О положении гидравлически однородных зон в потоке, симметрично стесненном комбинированными дамбами со ступенчатой застройкой // Узбекский журнал «Проблемы механики». 2015. № 2. С. 71 – 75.
- [7] Михалев М.А. К вопросу о распространении струи капельной жидкости вдоль шероховатой поверхности // Известия ВНИИТ. 1965. Т. 77.

Ташкентский институт ирригации и мелиорации

Дата поступления
09.12.2015

М.Р. Бакиев, С.Э. Шукурова. Узунлиги бўйича погонали қурилиш коэффициентига эга бўлган комбинациялашган дамба билан бир томонлама сиқилган оқимнинг таралиши қонуниятлари (бошланғич қисмда)

Мақолада чегаралган мухитда таралаётган турбулент струялар назарияси асосларини қўллаган ҳолда, узунлиги бўйича погонали қурилиш коэффициентига эга бўлган комбинациялашган дамба билан бир томонлама сиқилган оқимнинг таралиши қонуниятлари очиқ берилган.

M.R. Bakiyev, S.E. Shukurova. Laws of spreading flow sided constrained combined speed of building dams for the compressed section (the first section)

The article gives a solution to the problem of spreading one-sided constrained flow combined with stepped dam buildings in length, with the main provisions of the theory of turbulent jets propagating in a confined space.

УДК 532.529: 518.5

У.А. НАЗАРОВ

ДЕТОНАЦИОННЫЕ ВОЛНЫ В НЕОДНОРОДНЫХ ГАЗОВЗВЕСЯХ УНИТАРНОГО ТОПЛИВА В РЕЗКО РАСШИРЯЮЩИХСЯ ТРУБАХ

В [1] приведены результаты численного исследования процесса ударного инициирования гетерогенной детонации в канале прямоугольной формы, частично или полностью заполненном неоднородной монодисперсной газовзвесью унитарного топлива. Изучено влияние параметров инициирующей ударной волны дисперсной смеси и закона пространственно-неоднородного распределения концентрации частиц в двухфазной среде на детонационную способность слоя газовзвеси унитарного топлива. В [2] численно исследуется влияние основных определяющих параметров газовзвесей и трубопровода на процесс распространения нестационарных детонационных волн в резко расширяющихся трубах. Приведены зависимости критического отношения диаметров труб составного трубопровода от относительного массового содержания частиц унитарного топлива разного размера.

В настоящей работе, являющейся продолжением [2], численно исследуется влияние основных определяющих параметров газовзвесей и трубопровода на процесс распространения нестационарных детонационных волн в резко расширяющихся трубах, частично заполненных слоем газовзвеси унитарного топлива в поперечном сечении трубы.

Основные уравнения. Пусть имеется смесь газа с твердыми частицами унитарного топлива. Для описания ее движения используются следующие допущения [3, 4]: расстояния, на которых параметры течения меняются существенно, много больше характерных размеров частиц и

расстояний между ними; эффекты вязкости и теплопроводности существенны лишь в процессах взаимодействия газа с частицами; частицы унитарного топлива несжимаемы и имеют сферическую форму; смесь – локально монодисперсная; объемное содержание частиц аэрозвеси весьма незначительно (0.1 %), так, что столкновения между частицами не учитываются. Дополнительно предполагается, что процессы воспламенения и горения осуществляются при температуре частиц унитарного топлива, равной температуре разложения, а продукты горения взвеси, образующиеся в зоне химической реакции, являются идеальным калорически совершенным газом.

В рамках принятых допущений система дифференциальных уравнений двухмерного осесимметричного нестационарного движения реагирующей смеси газа и частиц унитарного топлива может быть записана в следующем виде [5]:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial \rho_{1k}}{\partial t} + \frac{\partial \rho_{1k} v_{1r} r}{r \partial r} + \frac{\partial \rho_{1k} v_{1z}}{\partial z} &= (k-1) J \quad (k=1, 2), \quad \frac{\partial \rho_2}{\partial t} + \frac{\partial \rho_2 v_{2r} r}{r \partial r} + \frac{\partial \rho_2 v_{2z}}{\partial z} = -J, \\
\frac{\partial n}{\partial t} + \frac{\partial n v_{2r} r}{r \partial r} + \frac{\partial n v_{2z}}{\partial z} &= 0, \quad \alpha_2 = \frac{1}{6} \pi d^3 n, \\
\frac{\partial \rho_i v_{ir}}{\partial t} + \frac{\partial \rho_i v_{ir} v_{ir} r}{r \partial r} + \frac{\partial \rho_i v_{ir} v_{iz}}{\partial z} + (2-i) \frac{\partial p}{\partial r} &= (-1)^i (F_r - J v_{2r}), \\
\frac{\partial \rho_i v_{iz}}{\partial t} + \frac{\partial \rho_i v_{ir} v_{iz} r}{r \partial r} + \frac{\partial \rho_i v_{iz} v_{iz}}{\partial z} + (2-i) \frac{\partial p}{\partial z} &= (-1)^i (F_z - J v_{2z}), \\
\frac{\partial \rho_2 e_2}{\partial t} + \frac{\partial \rho_2 e_2 v_{2r} r}{r \partial r} + \frac{\partial \rho_2 e_2 v_{2z}}{\partial z} &= Q \eta (-J) - J e_2, \\
\sum_{i=1}^2 \left[\frac{\partial \rho_i E_i}{\partial t} + \frac{\partial (\rho_i E_i + \alpha_i p) v_{ir} r}{r \partial r} + \frac{\partial (\rho_i E_i + \alpha_i p) v_{iz}}{\partial z} \right] &= 0, \\
\rho_{11} = \rho_{11}^0 \alpha_{11} \quad \rho_{12} = \rho_{12}^0 \alpha_{11}, \quad \rho_1 = \rho_1^0 \alpha_1, \quad \rho_1^0 = \sum_{k=1}^2 \rho_{1k}^0, \quad \rho_1 = \rho_{11} + \rho_{12}, \quad \rho_2 = \rho_2^0 \alpha_2, \\
v_i^2 = v_{ir}^2 + v_{iz}^2, \quad \alpha_2 = \frac{1}{6} \pi d^3 n, \quad \alpha_1 + \alpha_2 = 1, \quad E_i = e_i + 0.5 v_i^2, \quad (i=1,2), \quad \eta(z) = \begin{cases} 0, & z < 0 \\ 1, & z \geq 0. \end{cases}
\end{aligned}
\tag{1}$$

Здесь представлены уравнения сохранения масс инертного газа ($k=1$), газообразных продуктов горения ($k=2$) и частиц унитарного топлива, уравнение сохранения числа дисперсных включений, уравнения сохранения импульсов фаз в проекциях на оси декартовой системы координат r и z , уравнение притока тепла к дисперсной фазе и уравнение сохранения полной энергии смеси. Индексы “1” и “2” внизу относятся к параметрам газовой и дисперсной фаз; ρ_{1k} и ρ_{1k}^0 – приведенная и истинная плотности k -й компоненты газовой фазы; ρ_i , ρ_i^0 , v_i , α_i , e_i , E_i – соответственно средняя и истинная плотности, массовая скорость, объемное содержание, удельные внутренняя и полная энергии i -й фазы ($i=1, 2$); v_{ir} и v_{iz} – компоненты скорости v_i ; n – число дисперсных частиц в единице объема смеси; d – диаметр частиц; p – давление газовой смеси; F_r и F_z – составляющие силы межфазного трения; Q – интенсивность теплообмена между газовой и дисперсной фазами; J – интенсивность межфазного массообмена; η – единичная функция Хевисайда.

Используются уравнения состояния идеального калорически совершенного газа и несжимаемых твердых частиц [1, 2]:

$$\rho_{1k} = \rho_{1k}^0 R_{1k} T_1, \quad p = \sum_{k=1}^2 p_{1k} = \rho_1^0 R_1 T_1, \quad \rho_2^0 = \text{const}, \quad e_{1k} = c_{v1k} (T_1 - T_0) + e_{1k}^0,$$

$$e_1 = \sum_{k=1}^2 x_{1k} e_{1k} = c_{v1} (T_1 - T_0) + e_1^0, \quad e_2 = c_2 (T_2 - T_0) + e_2^0, \quad (2)$$

$$e_2^0 - e_{12}^0 = Q^0 - \frac{P_0}{\rho_{10}^0} + \frac{P_{120}}{\rho_{120}^0}; \quad R_1 = \sum_{k=1}^2 x_{1k} R_{1k}, \quad c_{v1} = \sum_{k=1}^2 x_{1k} c_{v1k},$$

$$e_1^0 = \sum_{k=1}^2 x_{1k} e_{1k}^0, \quad x_{1k} = \frac{\rho_{1k}}{\rho_1}, \quad (R_{1k}, c_{v1k}, c_2, e_{1k}^0, e_2^0, T_0 = \text{const}; k=1, 2),$$

где p_{1k} , R_{1k} , c_{v1k} , e_{1k} – парциальное давление, газовая постоянная, удельная теплоемкость при постоянном объеме, удельная внутренняя энергия k -й газовой компоненты; x_{1k} – массовая концентрация k -й составляющей газовой смеси; R_1 , c_{v1} , c_2 – газовая постоянная и удельная теплоемкость при постоянном объеме газовой смеси в целом, а также удельная теплоемкость частиц; T_i – температура i -й фазы; Q^0 – теплотворная способность унитарного топлива. Нижним индексом “0” обозначены параметры фаз и компонент при температуре T_0 .

Система уравнений (1) и (2) замыкается путем задания законов межфазного силового и теплового взаимодействия газовой и дисперсной фаз [3 – 5]:

$$F_j = \frac{1}{2} C_d \rho_1^0 |v_1 - v_2| (v_{1j} - v_{2j}) \frac{\pi d^2}{4} n; \quad j = r, z,$$

$$Q = \pi d \lambda_1 Nu (T_1 - T_2) n, \quad C_d = \frac{24}{Re} + \frac{4}{\sqrt{Re}} + 0.4,$$

$$Re = \frac{\rho_1^0 |v_1 - v_2| d}{\mu_1}, \quad Nu = 2 + 0.6 Re^{1/2} Pr^{1/3}, \quad Pr = \frac{c_{p1} \mu_1}{\lambda_1}, \quad (3)$$

$$|v_1 - v_2| = [(v_{1z} - v_{2z})^2 + (v_{1r} - v_{2r})^2]^{1/2},$$

$$c_{p1} = \sum_{k=1}^2 x_{1k} c_{p1k}, \quad \lambda_1 = \sum_{k=1}^2 x_{1k} \lambda_{1k}, \quad \mu_1 = \sum_{k=1}^2 x_{1k} \mu_{1k}.$$

Здесь C_d – коэффициент аэродинамического сопротивления твердой сферической частицы; Re , Nu , Pr – числа Рейнольдса, Нуссельта, Прандтля; c_{p1} и c_{p1k} , μ_1 и μ_{1k} , λ_1 и λ_{1k} – удельные теплоемкости при постоянном давлении, динамические вязкости и коэффициенты теплопроводности газовой смеси в целом и ее компонентов.

Интенсивность образования газообразных продуктов горения частиц унитарного топлива задается по модели послынного горения [5]

$$J = \pi \rho_2^0 d^2 n v_s \left(\frac{p}{p_0} \right)^\varphi \eta (T_2 - T_s), \quad (4)$$

где T_s – температура разложения унитарного топлива; v_s и φ – константы горения.

Постановка задачи. Рассматривается простой трубопровод, составленный из труб разного диаметра D_1 и D_2 (рис. 1), узкая часть которого заполнена однородной, а широкая часть частично в поперечном сечении трубы однородной газозвесью унитарного топлива. В начальный момент времени у левого торца трубы в области 0 создается возмущение газа в виде треугольной ударной волны, воспламеняющей аэрозвесь в зоне 1 узкой части трубопровода. При условии достаточности энергии инициирующей ударной волны требуется смоделировать взрыв аэрозвеси таким образом, чтобы в узкой части трубопровода сформировалась стационарная волна гетерогенной детонации, которая в последующем должна выйти в широкую часть 2 трубопровода. Требуется изучить влияние закона поперечной пространственной неоднородности распределения концентрации частиц унитарного топлива в широкой части трубопровода на процессы распространения детонационной волны.

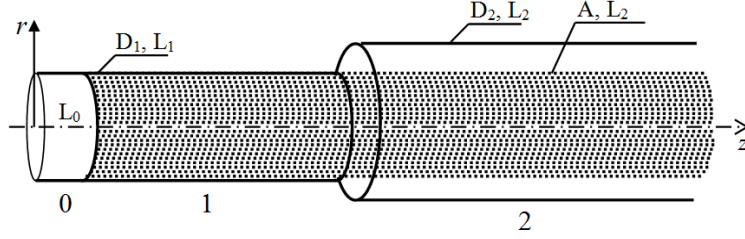


Рис. 1. Схематическое представление простого трубопровода: L_i , D_i – длина и внутренний диаметр i -го участка трубопровода ($i=1, 3$); 0 – область ударного инициирования в газе длиной $L_0=z_f$; 1 и 2 – области трубопровода, заполненные взрывчаткой пороха, протяженностью $L_1=z^*-L_0$ и $L_2=z^{**}-(L_0+L_1)$; z^* – осевая координата места внезапного расширения труб; A – параметр, определяемый, согласно выражению (1)

Граничные условия задачи задаются аналогично работе [5].

Начальные условия в узкой части трубопровода принимаются аналогично приведенным в работе [2], а в широкой части задаются следующим образом:

$$\begin{aligned} v_{1,z} = v_{1,r} = 0; \quad p = p_0; \quad T_1 = T_0; \quad \rho_1^0 = (\rho_{1,1}^0)_0; \quad \rho_{1,2} = 0; \quad \rho_1 = \rho_1^0 \alpha_1; \\ v_{2,z} = v_{2,r} = 0; \quad T_2 = T_0; \quad \alpha_1 = 1 - \alpha_2; \quad \rho_2 = \rho_2^0 \alpha_2; \quad \alpha_2 = \alpha_{2,0}; \quad n = n_0. \\ z_* \leq z \leq z^{**}; \quad 0 \leq r \leq R_3. \\ v_{1,z} = v_{1,r} = 0; \quad p = p_0; \quad T_1 = T_0; \quad \rho_1^0 = (\rho_{1,1}^0)_0; \quad \rho_{1,2} = 0; \quad \rho_1 = \rho_1^0 \alpha_1; \quad \alpha_1 = 1. \\ z_* \leq z \leq z^{**}; \quad R_3 < r \leq R_2. \end{aligned}$$

Задача решалась численно методом крупных частиц [6]. Расчеты выполнялись для смесей воздуха и частиц пороха.

Все вычисления осуществлялись для длины инициирующей ударной волны $z_f=0.4$ м. В основной серии расчетов полагалось, что число Маха ударной волны $M_0=9$. Координаты z_f , z^* и z^{**} полагались равными 0.4, 25 и 50 м.

В расчетах использовано следующее выражение для пространственного распределения концентрации частиц в широкой части трубопровода:

$$\varepsilon(z, r, A) = A. \quad (5)$$

Параметр $0 \leq A \leq 1$ в зависимости (5) характеризует степень неоднородности пространственного распределения концентрации частиц. При этом предельные значения $A=0$ и $A=1$ соответствуют наименьшей (нулевой) и наибольшей степеням неоднородности распределения концентрации частиц.

Некоторые результаты расчетов. На рис. 2 приведены огибающие максимальных давлений за волнами горения в широкой части трубопровода. Диаметр частиц унитарного топлива $d_2=30$ мкм, начальное относительное массовое содержание частиц в смеси $m_2=2$. Параметр A равен 0.5. Радиус узкой части трубопровода $R_1=0.2$ м, а радиус его широкой части $R_2=0.5$ м. Сплошными, штриховыми и штрих-пунктирными линиями показаны решения для сечений трубопровода $r=0$, $r=R_2/2$, $r=R_2$. Из рис. 2 видно, что наибольшее давление за детонационной волной наблюдается в нижней части облака частиц у стенки ($r=0$). В области газа выше слоя частиц давление за детонационной волной примерно такое же, как на верхней границе облака взвеси.

Приведем некоторые результаты численного исследования влияния узкой и широкой частей трубопровода на распространение детонационных волн в неоднородной газовой взвеси. На рис. 3 представлена огибающая максимальных давлений за волнами горения на оси симметрии в широкой части трубопровода. Диаметр частиц унитарного топлива $d_2=30$ мкм, начальное относительное массовое содержание частиц в смеси $m_2=1$. Сплошные линии соответствуют $R_1=0.1$ м, $R_2=0.2$ м, штриховые линии соответствуют $R_1=0.2$ м, $R_2=0.4$ м. В обоих случаях $D_2/D_1=2$, $A=0.5$. Из рис. 3 видно, что увеличение диаметров узкой и широкой частей приводит к продолжению детонации в широкой части трубопровода.

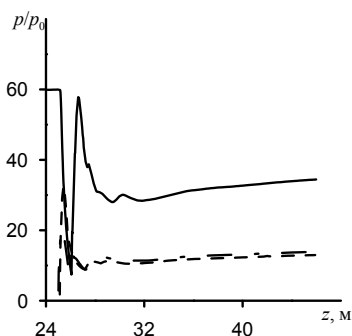


Рис. 2. Огибающие максимальных давлений за волнами горения в широкой части трубопровода при $d_2=30$ мкм; $m_2=2$; $A=0.5$; $R_1=0.2$ м; $R_2=0.5$ м

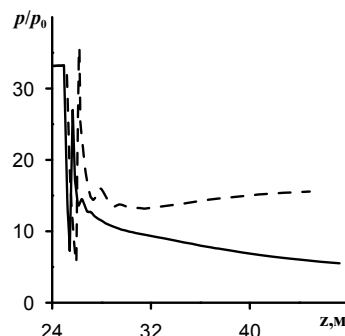


Рис. 3. Огибающие максимальных давлений за волнами горения на линии симметрии в широких частях трубопровода: $d_2=30$ мкм; $m_2=1$; $A=0.5$; Сплошные линии – $R_1=0.1$ м, $R_2=0.2$ м; штриховые – $R_1=0.2$ м, $R_2=0.4$ м

На рис. 4 показаны зависимости высоты поперечной пространственной неоднородности от относительного содержания частиц унитарного топлива ($m=\rho_{20}/\rho_{10}$) при фиксированном начальном размере частиц $d_{20}=15$ мкм и $d_{20}=30$ мкм. Согласно рис. 4, критическое значение высоты поперечной пространственной неоднородности монотонно уменьшается с ростом относительного массового содержания взвеси.

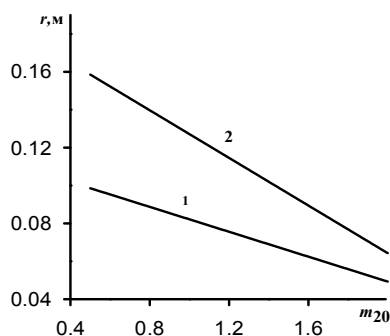


Рис. 4. Зависимость критического отношения высоты трубопровода от относительного содержания частиц унитарного топлива: 1 – $d_2=15$; 2 – $d_2=30$ мкм

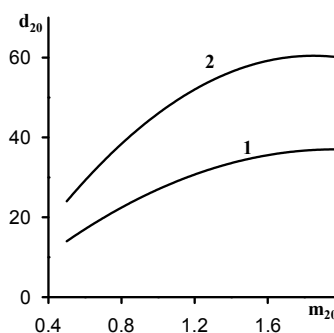


Рис. 5. Зависимость критического диаметра частиц от их относительного массового содержания. Кривая 1 соответствует $A=0.5$, кривая 2 – $A=0.75$

На рис. 5 изображены зависимости критического (максимального) диаметра частиц унитарного топлива от их относительного массового содержания в слое в случае ступенчатого распределения концентрации частиц в поперечном сечении широкой части трубы. Кривые 1 соответствуют $A=0.5$, кривые 2 – $A=0.75$. Как видно, при фиксированной высоте слоя газовой взвеси величина критического (максимального) размера частиц увеличивается с ростом концентрации дисперсной фазы. При фиксированном относительном массовом содержании взвеси уменьшение высоты слоя дисперсной среды приводит к уменьшению критического (максимального) размера частиц.

Таким образом, на основе выполненного численного исследования показано, что неоднородность пространственного распределения концентрации частиц унитарного топлива снижает способность слоя к детонированию при ударном инициировании.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кутушев А.Г., Родионов С.П. Плоские детонационные волны в газовзвесьях унитарного топлива с пространственно-неоднородным распределением частиц // Физика горения и взрыва. 1998. Т. 34. № 5. С. 103 – 110.
- [2] Кутушев А.Г., Бурнашев В.Ф., Назаров У.А. Численное исследование детонационных волн в газовзвесьях унитарного топлива в резко расширяющихся трубах // Физика горения и взрыва. 2013. Т. 49. № 4. С. 41 – 47.
- [3] Нигматулин Р.И. Динамика многофазных сред. М.: Наука, 1987. Ч. 1. – 464 с.
- [4] Кутушев А.Г. Математическое моделирование волновых процессов в аэродисперсных и порошкообразных средах. СПб.: Недра, 2003. – 284 с.

- [5] Кутушев А.Г., Шорохова Л.В. Численное исследование процессов горения и детонации аэрозвесей унитарного топлива в резко расширяющихся трубах // Химическая физика. 2003. Т. 22. № 8. С. 94 – 99.
- [6] Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. М.: Наука, 1982.

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

Дата поступления
29.05.2015

У.А. Назаров. Кескин кенгаювчи трубадаги бир жинслимас унитар ёқилгили газли аралашмаларда детонацион тўлқинлар

Кенгаювчи қисмининг қўндаланг кесими бўйича қисман тўлдирилган кескин кенгаювчи трубада бир жинслимас газли аралашмалар ва труба параметрларининг детонацион тўлқинларнинг тарқалиш жараёнига таъсири таҳлил қилинган.

U.A. Nazarov. Detonation waves in heterogeneous gas suspensions monopropellant in dramatically expanding pipes

Numerically investigate the influence of the main parameters determining the gas mixtures and the pipeline on the propagation of non-stationary detonation waves in a rapidly expanding tubes partially filled with a layer of gas suspension monopropellant in a cross-section of the pipe.

УЎК 677.21:021

Б. МАРДОНОВ, А. САРИМСАКОВ

ХОМ-АШЁ ВАЛИГИНИ АРРАЛИ ЦИЛИНДР БИЛАН ЎЗАРО ТАЪСИР КУЧЛАРИНИ АНИҚЛАШ ВА МОДЕЛЛАШТИРИШ

Жинлаш жараёнини муқобил таъминлашида хом-ашё валигининг ҳолати ўзгариб турувчи ва ҳаракатдаги муҳит сифатида ўрганиш алоҳида аҳамиятга эга. Хом-ашё валигининг айрим хоссалари, унинг сирт профилида тезликнинг тақсимланиш қонунлари Мирошниченко Г.И., Тиллаев М.Т. ва бошқалар томонидан таҳлил қилинган [1 – 4]. Валикнинг таркиби мураккаб муҳитдан ташкил топилган бўлиб, унинг физик- механик хоссалари етарлича ўрганилмаган. Мутахассисларнинг фикрича унинг таркиби кўп қисми туксиз ёки калта тукли чигитлардан иборат бўлиб, улар валикнинг ички зонасини эгаллайди. Чигитли пахта хом-ашёси эса, асосан валикнинг ташқи қобиғини эгаллайди.

1. Хом-ашёси валигини аррали цилиндр билан ўзаро таъсирлашув кучларини аниқлаш

Хом-ашё валигининг ҳолатини аниқлашда қуйидаги жиҳатларга эътибор берамиз:

1. Хом-ашё валиги аррали цилиндр таъсирида айланма ҳаракатда бўлади. Аррали цилиндрга таъсир қилаётган ташқи горизонтал реакция F ва вертикал Q кучлари валикни айлантирадиган L момент ҳосил қилади.

2. Хом-ашё валигининг аррали цилиндрга боғлаб туриш кучи F' . Бу куч валикнинг сирпанишига қаршилик кўрсатади ва қисман толани хом-ашё сиртидан тола ажратиб олишга сабабчи бўлади.

3. Аррали цилиндр билан хом-ашё валиги контакт сиртида хом-ашё реакциясидан ҳосил бўлган нормал тарқалган кучлар. Бу кучлардан ҳосил бўлган солиштирма босим p ни валик ва аррали цилиндр йўналтирувчиси бўйлаб ўзгармас деб, бу босим хом-ашё валиги ўқидан ўтувчи унга перпендикуляр бўлган текисликкача бўлган масофага боғлиқ деб оламиз. Аррали цилиндрнинг хом-ашё валиги ҳосил қилган соҳа олдинги қатлами унинг аррали цилиндр ва хом-ашё валигининг ўқларидан ўтувчи текисликдан ξ масофа ажратиб олинган қисми бўлади. $\xi = \xi_1 > 0$ иккала цилиндрлик сиртлар ўзаро контактининг бошланишини, $\xi = \xi_2 < 0$ унинг тугагини белгилайди.

Аррали цилиндрга таъсир этаётган кучлар мувозанати қуйидагича бўлади:

$$F' - F = 0, \quad Q - \int_{\xi_1}^{\xi_2} bp(\xi)d\xi = 0, \quad FR_a - L + \int_{\xi_1}^{\xi_2} b\xi p(\xi)d\xi = 0. \quad (1)$$

Бу ерда FR_a – фойдали қаршилик моменти, ушбу интеграл эса

$$M = \int_{\xi_1}^{\xi_2} b \xi \cdot p(\xi) d\xi \quad (2)$$

чайқалма (качения) ишқаланиш моменти. Бундай моментнинг ҳосил бўлиши учун қўйидаги шарт бажарилиши лозим

$$F' = F \angle f \cdot Q. \quad (3)$$

Бу ерда f – сирпанишдаги аррали цилиндр билан хом-ашё валиги сирти орасидаги ишқаланиш коэффициент, акс ҳолда аррали цилиндр валик сирти бўйлаб сирпаниши ҳосил бўлади. Тишли аррали цилиндрда тенгсизлик (3) амалда ҳамма вақт ўринли бўлади. Аррали цилиндр айланишида унинг энг баланд нуқтаси A валикнинг сиртидан y_0 масофада бўлади. Бу масофа ўз навбатида хом-ашё валигининг аррали цилиндр ўқиға яқинлашиш масофасини ҳам беради.

Энди марказлари $((O_1, R_1 + y_0), (O_1, R_2))$ нуқталарда бўлган айлана тенгламаларини кўраимиз

$$y_1 = -R_1 + \sqrt{(R_1 + y_0)^2 - \xi^2}; \quad y_2 = R_2 - \sqrt{R_2^2 - \xi^2}; \quad R_1 = R_c, \quad R_2 = R_a.$$

Хом-ашё валигининг ихтиёрий нуқтасидаги аррли цилиндр ўқиға яқинлашиш масофаси куйидагича бўлади.

$$y = y_1 - y_2 = -R_1 + \sqrt{(R_1 + y_0)^2 - \xi^2} - R_2 + \sqrt{R_2^2 - \xi^2}.$$

Қўйидаги шартлар асосида:

$$\left(\frac{\xi^2}{2R_2}, \frac{\xi^2}{2R_1} \right) < 1 \left(\frac{\xi^4}{4R_2^4} = 0; \frac{\xi^4}{4R_1^4} = 0 \right), \left(\frac{\xi^2}{2R_2}, \frac{\xi^2}{2R_1} \right) < 1,$$

ёзишимиз мумкин

$$y = y_0 - \frac{R_2 + R_1}{2R_2 R_1} \xi^2. \quad (4)$$

Аррали цилиндрнинг хом-ашё валиги билан дастлабки учрашиш нуқтасида яқинлашиши нолга тенг, шунинг учун $u = 0$ агар $\xi = \xi_1$ бўлса, у ҳолда $0 = y_0 - \frac{\xi_1^2 \alpha}{2R_1}$ ($\alpha = (R_1 + R_2) / R_2$) бўлиб, қуйидаги боғланишни оламиз.

$$y_0 = \frac{\alpha \xi_1^2}{2R_1}.$$

Валикнинг арра цилиндри контактдан чиқиш нуқтасида умуман олганда уларнинг бирига яқинлашиш қиймати ноль бўлмаслиги мумкин, лекин бу нуқтада валик аррадан ажралиб кетганлиги учун босим нолга тенг бўлади. Шундай қилиб, ёзишимиз мумкин

$$p(\xi_2) = 0.$$

Яқинлашишнинг бошланғич нуқтаси $\xi = \xi_1$ га келганда, бу нуқтада хом-ашё валигининг деформацияланиш ҳолатига қараб босим нолга тенг ёки унда фарқланиши мумкин. Агар уни деформацияланиши Винклер Фойгт қонунига бўйсинса [4] (релаксацияга мойил муҳит) у ҳолда босим учун қўйидаги ифодани олишимиз мумкин.

$$p = Ky + \mu \frac{dy}{dt}. \quad (5)$$

Бу ерда K – бикирлик модули, μ – хом-ашё валигининг сўниш (демпфирланиш) коэффиценти y , $\frac{dy}{dt}$, y_0 ларнинг ифодаларини эътиборга олиб (4) ва (5) ларга кўра, куйидаги боғланишларни топамиз.

$$p = K \frac{\alpha}{2R_1} (\xi_1^2 - \xi_2^2) + \mu \frac{\alpha \omega_1 R_1}{R_1} \xi = \frac{K\alpha}{2R_1} (\xi_1^2 - \xi_2^2) + \mu \alpha \xi \frac{c}{R_1}.$$

Аррали цилиндрга таъсир этаётган вертикал кучнинг ифодаси куйидагича.

$$Q = \int_{\xi_2}^{\xi_1} bp(\xi) d\xi = b\alpha \left[K \left(\frac{\xi_1^3}{2R_1} - \frac{1}{6R_1} \xi_1^3 \right) - K \left(\frac{\xi_2^3}{2R_1} - \frac{1}{6R_1} \xi_2^3 \right) + \mu \frac{c}{2R_1} (\xi_1^2 - \xi_2^2) \right]$$

ва чайқалишга қаршилик моменти

$$M = \int_{\xi_2}^{\xi_1} bp(\xi) d\xi = b\alpha \left[K \left(\frac{1}{4R_1} \xi_1^4 - \frac{1}{8R_1} \xi_1^4 \right) - K \left(\frac{1}{2} \frac{\xi_1^2}{2R_1} \xi_2^2 - \frac{\xi_2^4}{8R_2} \right) + \mu \frac{c}{3R_1} (\xi_1^3 - \xi_2^3) \right].$$

Ушбу тенгликни

$$p(\xi_2) = \frac{\alpha K}{2R_1} (\xi_1^2 - \xi_2^2) + \alpha \mu \frac{c}{R_1} \xi_2 = 0 \quad (6)$$

эътиборга олиб, ёзиш мумкин:

$$Q = ab \left[\frac{K}{R_1} \frac{1}{3} (\xi_1^3 - \xi_2^3) + \mu \frac{c}{2R_1} (\xi_1^2 + \xi_2^2) \right], \quad (7)$$

$$M = ab \left[\frac{K}{R_1} \frac{1}{8} (\xi_1^4 - \xi_2^4) + \mu \frac{c}{6R_1} (2\xi_1^2 + \xi_2^3) \right]. \quad (8)$$

Чайқалиш кучи ушбу формула ёрдамида аниқланади:

$$F = (L - M) / R_1, F < fQ. \quad (9)$$

Аррали цилиндрни сирпанмасдан ҳаракат қилишини таъминлаш учун ушбу шарт бажарилиши $L > M$ лозим. Шундай қилиб кўрсатилган режимдаги контактни таъминлаш ва аррали цилиндр талаб этилаётган шартда хом-ашё валиги билан ўзаро таъсирланишуви ҳолатида ҳаракатланиш учун ташқи кўйилаётган момент ушбу тенгсизликни қаноатлантириши лозим бўлади:

$$M < L < M + fQR_1.$$

Агар хом-ашё валигига вертикал ташқи куч таъсир этмаса, у ҳолда Q куч унинг оғирлигига тенг бўлади, яъни $Q = mg$ (m – валик массаси) (6) ва 7) формулалардан ξ_1 и ξ_2 , аниқлаб (8) чайқалиш моменти M ни топамиз. $\xi_2 = -\xi_0 R_1$ ($\xi_0 > 0$) деб қабул қиламиз ва (6) тенгламани ξ_1 нисбатан ечамиз: $\xi_1 = \sqrt{\xi_0 (\xi_0 + 2\beta)}$ ва унинг ифодасини (7) тенгламага қўйиб ξ_0 нисбатан куйидаги тенгламани оламиз:

$$\xi_0 (\xi_0 + 2\beta) \sqrt{\xi_0 (\xi_0 + 2\beta)} + \xi_0^3 + 3\beta \xi_0 (\xi_0 + \beta) - 3\lambda / \alpha = 0.$$

Бу ерда $\beta = c\mu / KR_1$, $\lambda = Q / KR_1^2 b$.

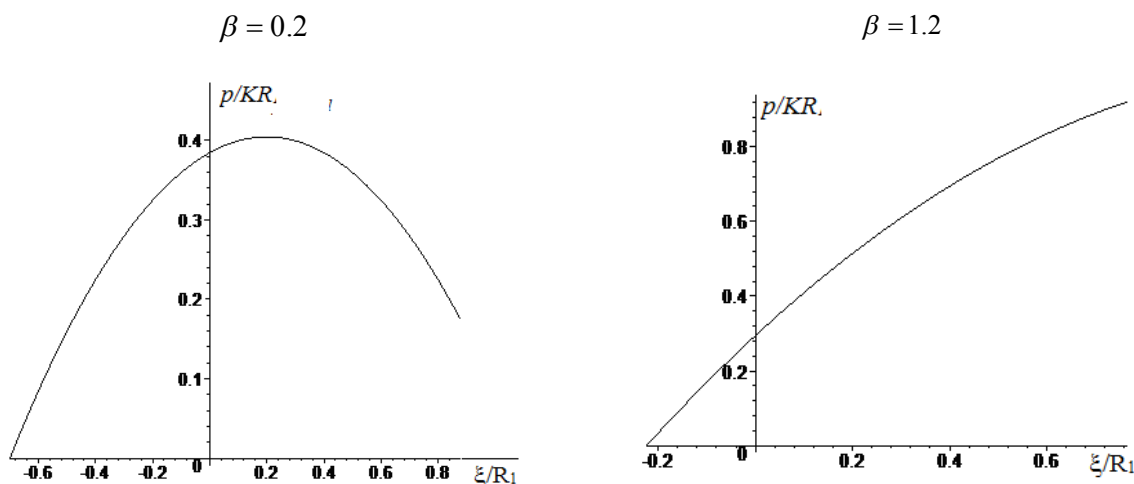
Жадвалда ўлчамсиз параметрлар нисбий ташқи куч $\lambda = Q / KR_1^2 b$ ва келтирилган қаршилик коэффиценти $\beta = c\mu / KR_1$ лар учун координаталар ξ_1 , ξ_2 , кўчиш y_0 ва қаршилик моменти M ларнинг қийматлари келтирилган. Жадвалда келтирилган ҳисоб натижалар тахлилидан λ нинг кичкина қийматларида β параметрнинг координта ξ_1 нинг қийматларига кўпроқ таъсир этиши кўриниб

турибди. Параметр λ ошган сари (масалан ташки куч Q ошиши билан) координаталар ξ_1 ва ξ_2 орасидаги тафовут камайиб боради.

Координаталар ξ_1, ξ_2 , кўчиш y_0 ва қаршилиқ моменти M ларнинг ўлчамсиз параметр,
 $\lambda = Q / KR_1^2 b$ нинг икки қийматида параметр $\beta = c\mu / KR_1$ бўйича ўзгаришлари

$\lambda=0.5$											
$\beta=c\mu/KR_1$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
ξ_1/R_1	0.7	0.53	0.4	0.3	0.23	0.18	0.15	0.12	0.1	0.09	0.07
$-\xi_2/R_1$	0.7	0.7	0.69	0.67	0.65	0.63	0.61	0.59	0.58	0.56	0.55
y_0/R_1	0.54	0.54	0.52	0.49	0.47	0.43	0.41	0.37	0.36	0.34	0.33
$8M / KbR_1^3$	0	2.02	3.4	4.36	4.96	5.35	5.69	5.94	6.2	6.27	6.45
$\lambda=1$											
$\beta=c\mu/KR_1$	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
ξ_1/R_1	0.88	0.88	0.88	0.84	0.81	0.79	0.77	0.75	0.73	0.71	0.69
$-\xi_2/R_1$	0.88	0.7	0.55	0.43	0.34	0.27	0.22	0.19	0.16	0.13	0.12
y_0/R_1	0.89	0.84	0.81	0.77	0.72	0.68	0.64	0.61	0.58	0.55	0.52
$8M / KbR_1^3$	0	4.07	6.9	8.74	10	11	11.6	12.2	12.5	12.9	13.1

Расмда ўлчамсиз босим $\bar{p} = p / KR_1$ $\lambda=1$ бўлганда β нинг иккита қийматида жинлаш зонасидаги ўзгариш графиги келтирилган.



Жинлаш зонасида босим $\bar{p} = p / KR_1$ нинг тақсимланиш графиги

Жадвалдаги натижалардан ва графиклардан жинлаш зонасидаги параметрларга параметр β нинг катта таъсир ўтказиши кузатилади.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Мирошниченко Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. М.: Машиностроение, 1972. – 486 с.
- [2] Тиллаев М.Т., Ходжиев М.Т. Особенности процесса пильного дженирования хлопка-сырца. Ташкент: Фан, 2005. – 256 с.
- [3] Мардонов Б.М., Тиллаев М.Т., Сирожиддинов Ф.Н. Исследование нестационарного движения сырцового валика в процессе пильного дженирования // Журнал «Проблемы текстиля». Ташкент. 2009. № 1.
- [4] Ишлинский А.Ю. Прикладные задачи механики. М.: Наука, 1986. – 360 с.

Б. Мардонов, А. Саримсаков. Определение сил взаимодействия сырцового валика с пильным цилиндром и моделирование его движения в рабочей камере

В статье изучены силы взаимодействия сырцового валика с пильным цилиндром, силы, влияющие на сырцовый валик в процессе дженирования, и закон движения сырцового валика в рабочей камере в зоне дженирования.

B. Mardonov, A. Sarimsakov. Modeling of the process of the interaction of the moving mass of the pat-product in its raw cotton roll with revolving cylinder ware

In article forces of interaction of the raw roller with the saw cylinder, forces influencing the raw roller in the course of a ginning and the law of the movement of the raw roller in the working camera in a ginning zone are studied.

УДК 621.01:531.3:539.3

С.О. НАРЗИЕВ, Ш.П. АЛИМУХАМЕДОВ, Ш.И. ХИКМАТОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТРАНСМИССИИ МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ С КОЛЕСНОЙ ФОРМУЛОЙ 4×4

Важным этапом при исследовании динамики трансмиссии мобильных машин являются определение собственных частот крутильных колебаний и анализ амплитудно-частотных характеристик трансмиссии с целью установления резонансных явлений [1 – 3]. В статье рассмотрена методика определения собственных частот и амплитудно-частотных характеристик трансмиссии мобильных машин с колесной формулой 4×4.

Для определения собственных частот ω_i и соответствующих им форм собственных колебаний системы рассмотрим матричную форму уравнений без затухания

$$[J]\{\ddot{\varphi}\} + [C]\{\dot{\varphi}\} = 0. \quad (1)$$

Решение (1) примет вид

$$\varphi(t) = \Phi e^{\lambda t}, \quad (2)$$

где λ – характеристический показатель; Φ – комплексная числовая матрица-столбец. В результате подстановки (2) в (1) получим однородную систему уравнений, которая имеет ненулевое решение только в том случае, когда ее определитель (характеристическое уравнение) будет равен нулю:

$$\det([J]\lambda^2 + [C]) = 0 \quad (3)$$

или в развернутом виде для системы 4-го порядка

$$\begin{bmatrix} J_1\lambda^2 + C_1 + C_2 & -C_1 & -C_2 & 0 \\ -C_1 & J_2\lambda^2 + C_1 + C_3 & 0 & -C_3 \\ -C_2 & 0 & J_3\lambda^2 + C_2 + C_4 & -C_4 \\ 0 & -C_3 & -C_4 & J_4\lambda^2 + C_3 + C_4 \end{bmatrix} = 0. \quad (4)$$

Значения характеристического уравнения (4) $\lambda_1^2, \dots, \lambda_4^2$ представляют собой квадраты собственных частот $\omega_i = \sqrt{\lambda_i}$ ($i = 1, 2, \dots, 4$).

Определенные таким образом первые три частоты собственных колебаний четырехмассовой системы на различных передачах следующие:

на первой передаче (при $i_{kn}=6.55$) $\omega_1=8 \text{ с}^{-1}$; $\omega_2=48 \text{ с}^{-1}$; $\omega_3=78 \text{ с}^{-1}$, что соответствует числу оборотов $n_1=480 \text{ мин}^{-1}$; $n_2=2880 \text{ мин}^{-1}$; $n_3=4680 \text{ мин}^{-1}$ соответственно;

на второй передаче (при $i_{kn}=3.09$) $\omega_1=11 \text{ с}^{-1}$; $\omega_2=54 \text{ с}^{-1}$; $\omega_3=95 \text{ с}^{-1}$; что соответствует числу оборотов $n_1=660 \text{ мин}^{-1}$; $n_2=3240 \text{ мин}^{-1}$; $n_3=5700 \text{ мин}^{-1}$;

на третьей передаче (при $i_{kn}=1.7$) $\omega_1=18 \text{ с}^{-1}$; $\omega_2=63 \text{ с}^{-1}$; $\omega_3=110 \text{ с}^{-1}$; что соответствует числу оборотов $n_1=1120 \text{ мин}^{-1}$; $n_2=3800 \text{ мин}^{-1}$; $n_3=6600 \text{ мин}^{-1}$;

на четвертой передаче (при $i_{kn}=1.0$) $\omega_1=25 \text{ с}^{-1}$; $\omega_2=64 \text{ с}^{-1}$; $\omega_3=115 \text{ с}^{-1}$, что соответствует числу оборотов $n_1=480 \text{ мин}^{-1}$; $n_2=2880 \text{ мин}^{-1}$; $n_3=4680 \text{ мин}^{-1}$.

Как показали произведенные расчеты, при переключении передачи происходит увеличение собственной частоты. Отмеченный эффект связан с увеличением коэффициентов жесткости C_i , а не с уменьшением передаточного отношения i_{kn} . Более того, следует отметить, что уменьшение i_{kn} приводит к увеличению затухания, а, следовательно, к сдвигу спектра частот влево, т.е. к уменьшению частот собственных колебаний.

Рассмотрим поведение 4-массовой модели трансмиссии в установившемся режиме. Для этого воспользуемся методом резонансной акустической спектроскопии, состоящим в исследовании спектра резонансных частот, т.е. частот, соответствующих максимуму амплитуд вынужденных колебаний при гармоническом воздействии на вращающиеся части модели. Для этого построим и исследуем амплитудно-частотные характеристики системы при различных частотных параметрах воздействия.

Матричная форма записи уравнения установившегося движения диссипативной системы с конечным числом степеней свободы имеет вид

$$[J]\{\ddot{\varphi}\} + [K]\{\dot{\varphi}\} + [C]\{\varphi\} = \{M_0 \cos \omega t\}. \quad (5)$$

В отличие от уравнения (1) здесь присутствует диссипация – второе слагаемое в уравнении (5), существенно влияющая на спектр частот и амплитуду установившихся вынужденных колебаний системы, а также правая часть, представляющая моменты (двигателя и сопротивление). Влияние диссипации сказывается на уменьшении амплитуды колебаний при резонансах, которая в недиссипативных упругих системах растет до бесконечности. Кроме того, по сравнению с упругой системой резонансные частоты в системах с затуханием уменьшаются, а острые пики на амплитудно-частотных характеристиках становятся более пологими.

Решение задачи об установившихся вынужденных колебаниях трансмиссии осуществляется методом комплексных амплитуд, заключающейся в замене системы (5) комплексной системой

$$[J]\{\ddot{\tilde{\varphi}}\} + [K]\{\dot{\tilde{\varphi}}\} + [C]\{\tilde{\varphi}\} = \{M_0 e^{i\omega t}\}. \quad (6)$$

Решение уравнения (6) найдем в виде

$$\{\tilde{\varphi}\} = \{\tilde{\varphi}_0\} e^{i\omega t}. \quad (7)$$

Подстановка (7) в (6) приводит к характеристическому уравнению

$$([C] + i\omega[K] - \omega^2[J])\{\tilde{\varphi}_0\} = \{M_0\},$$

где $\{\tilde{\varphi}_0\}$ – комплексная амплитуда; ω – собственная частота.

Решение для вектора комплексных амплитуд получается в результате векторного умножения слева обеих частей уравнения на обратную матрицу

$$\{\tilde{\varphi}_0\} = ([C] + i\omega[K] - \omega^2[J])^{-1} \{M_0\} = ([C] + i\omega[K] - \omega^2[J])^{-1} [C]\{f\}, \quad (8)$$

где $\{f\}$ – вектор статических смещений под действием амплитудных значений внешней нагрузки.

Таким образом, решение исходного уравнения (5) представляется в виде

$$\{\varphi\} = \text{Re}\{\tilde{\varphi}_0\}, \quad (9)$$

где $\text{Re}\{\tilde{\varphi}_0\}$ является действительной частью комплексной амплитуды $\{\tilde{\varphi}_0\}$, определенной по формуле (8).

Амплитудно-частотная характеристика системы, характеризующая уровень колебаний трансмиссии на исследуемом частотном спектре, получится в результате последовательного задания различных частот внешнего воздействия. При этом при каждой задаваемой частоте по описанному алгоритму определяем амплитуду установившихся колебаний.

Анализ полученной картины амплитудно-частотной характеристики позволяет определить частоты, при которых происходит резкое возрастание амплитуд колебаний автомобиля. Эти частоты и будут равны собственным частотам колебаний трансмиссии. Определение резонансных частот по полученной амплитудно-частотной характеристике представляет собой метод резонансной акустической спектроскопии.

Полученные амплитудно-частотные характеристики трансмиссии при различных передачах с различными силовыми установками представлены на рис. 1 и 2 (а – г), где также указаны и значения резонансных частот.

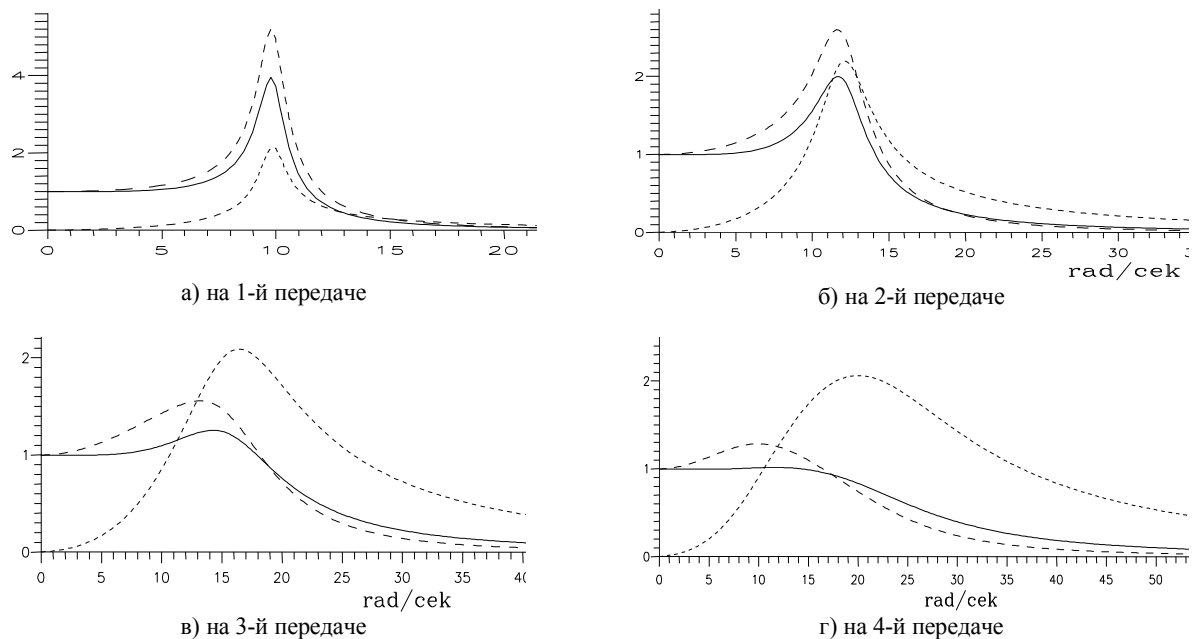


Рис.1 Амплитудно-частотные характеристики трансмиссии с карбюраторным двигателем на различных передачах:
 - - - двигатель; ____ - трансмиссия; ____ - кузов

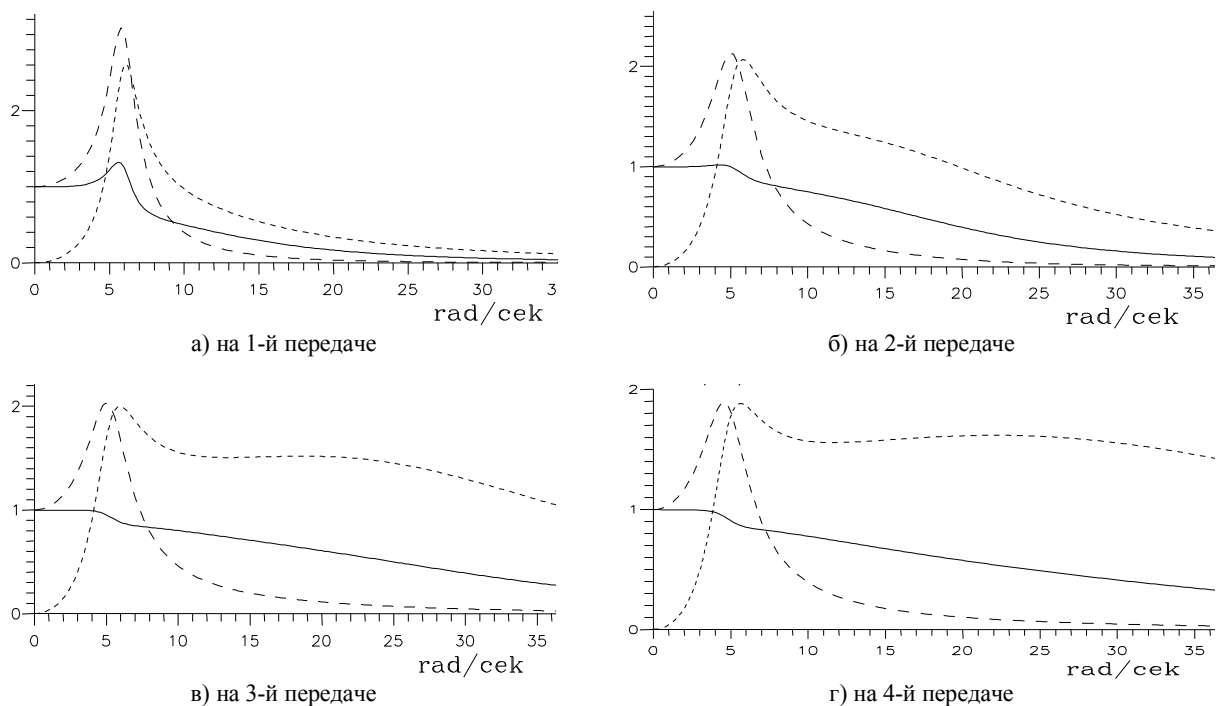


Рис. 2 Амплитудно-частотные характеристики трансмиссии с дизельным двигателем на различных передачах:
 - - - двигатель; ____ - трансмиссия; ____ - кузов

Значения резонансных пиков трансмиссии с увеличением числа передач уменьшаются от 4 до 1 ед. с бензиновым и от 2.2 до 1 ед. с дизельным двигателями.

Таким образом, сдвиг резонансных пиков вправо при переключении на высокие передачи свидетельствует о влиянии инерционных свойств, которые, в свою очередь, при переключении передачи увеличиваются.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сазонов И.С., Амельченко П.А., Дубовик В.А., Стасилевич А.Г., Ясюкович Э.И. Динамика колесных машин. Могилев, 2006. – 60 с.
- [2] Яковев П.В., Драгнов Г.Д. Совершенствование параметров и динамических свойств трансмиссий полноприводных автомобилей-тягачей // Транспорт Урала. 2011. № 2(29). С. 101 – 106.
- [3] Селифонов В.В., Нгуен Хак Туан. Исследование влияния структурных параметров на динамические нагрузки в механической трансмиссии автомобиля с гибридными силовыми установками // Известия МГТУ «МАМИ». 2010. №2(10). С. 75 – 78.

Ташкентский автомобильно-дорожный институт

Дата поступления
26.01.2016

С.О. Нарзиев, Ш.П. Алимухамедов, Ш.И. Хикматов. Ғилдирак формуласи 4×4 бўлган мобил машиналар трансмиссиясини динамик тадқиқ қилиш

Мақолада ғилдирак формуласи 4×4 бўлган, турли куч агрегатли узатмалар қутиси ва турлича узатишлар нисбатигадаги мобил машина трансмиссиясининг хусусий частоталарини ҳисоблаш, шунингдек амплитуда-частотали тавсифларини тадқиқ қилиш натижалари келтирилган.

S.O. Narziev, Sh.P. Alimuxamedov, Sh.I. Hikmatov. Study of the dynamics of transmission of mobile machines with the wheel formula 4×4

The results of the calculation of the natural frequencies, the study of amplitude-frequency characteristics of the transmission of mobile machines with 4×4, with a variety of power plants and at different transmission ratio.

УДК 677.21: 177.21.004.15

О.С. НОРКУЗИЕВ, Н.Б. ДЖУРАЕВА, М. МИРЗАЕВА, Д. КУЛДОШЕВ, Д. УМАРОВА

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ РАСЧЕТ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ ВОЛОКОН ХЛОПКА В ПРОЦЕССЕ ЕГО СБОРА ВЕРТИКАЛЬНЫМИ ШПИНДЕЛЯМИ УБОРОЧНОГО АППАРАТА

В процессе машинного сбора на всех его этапах при съеме хлопка с кустов шпинделями и транспортировании в бункер хлопковое волокно не должно повреждаться рабочими органами уборочного аппарата и терять при этом свои ценные текстильные качества. При уборке хлопок-сырец с момента встречи со шпинделем до попадания в бункер машины может повреждаться зубьями шпинделей в момент захватывания, извлечения его из коробочек и наматывания на шпиндель.

Проводимые вычисления относятся к оценке повреждений волокон хлопка, собранного машинами, вертикальными шпинделями аппарата (ВША). Вычисление первого этапа выполняется с учетом ранее проведенных исследований [1 – 4].

1. Для определения повреждаемости волокон хлопка-сырца используем графоаналитический метод и далее рассмотрим задачу оценки повреждаемости волокон хлопка.

В качестве первичной модели принимаем массу хлопка в коробочке, имеющую форму шара (рис. 1) с диаметром D_k и объемом: $V_k = 3/4 \pi R_k^3$.

Такая коробочка разделена на 4 – 5 долек с исходной длиной $Ld=65 – 77$ мм, в каждой из которых размещены 7 – 8 летучек и семена в форме эллипсоида с размерами полуосей $2d_c$, $2b_c$, и волоконце хлопка с эквивалентным диаметром $d_e=1.64$ мм и длиной $L_e=33$ мм [2].

При $D_k=72.6$ мм сорта «Ан-Баяут-2» объем коробочки $V_k=113.04$ см³, занятой семенами хлопка $V_k=2.9$ см³ и волокнами хлопка $V_{k6}=3.202$ см³.

2. Из расчета о равенстве объемов каждой из долек, образующих раскрытую коробочку хлопка по рис. 1, для рассматриваемого примера с сортом «Ан-Баяут-2» $N_o=4$ объем дольки хлопка составит $V_{dol} = V_k / N_o$.

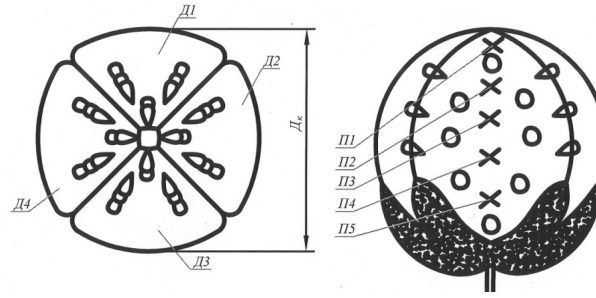


Рис. 1. Модель различных возможных вариантов контакта шпинделя (по позициям Π_n) с раскрытой коробочкой

Принимаем форму модели дольки внутри коробочки в виде сектора шара (см. рис. 1) в полуцилиндре с диапазоном колебаний наружного диаметра от $r_{\text{Дш}} = r_{\text{ш}} + 2d_c r_{\text{ш}}$. Радиусы внутренней цилиндрической поверхности с высотой $4L_{\text{с1}}$ разделены на 3 части: наружный, средний и внешний.



Рис. 2. Расчетные модели дольки внутри коробочки (а) и в виде мотка на поверхности нарезного шпинделя (б)

Такая форма расчетной модели предполагает параллельное размещение 8 летучек (в виде двух рядов) 1-й дольки на высоте шпинделя и выполнение семенами роли «жесткого» каркаса для волокон хлопка на поверхности. Последний сектор шара (рис. 2) между плоскостями AO и OB характеризуется среднеинтегральным радиусом, проходящим через точки D , $Ж$, E продольного сечения плоскостью $OЖ$ для упомянутого сектора.

Эта величина расположена внутри диапазона $r_n - r_{\text{ш}} = 3 \text{ см} - 1.5 \text{ см} = 1.5 \text{ см}$ и $2d_c = 0.913 \text{ см}$ [2] сечения, ограниченного объемами долек на шпинделе: C_1 – нижний, C_2 – средний, C_3 – наружный. Теперь определим плотность хлопкового волокна внутри объемов. С учетом того, что в средних плоскостях плотность волокна не изменяется, определим длину окружности на каждой плоскости.

Для определения l_{c1} , l_{c2} , l_{c3} используем расчетную толщину h_0 дольки для рассматриваемого примера $h_0 = 1.638 \text{ см}$:

$$\begin{aligned} l_{c1} &= 2\pi \cdot r_1 = 2 \cdot 3.14 \cdot 15 \text{ мм} = 94.2 \text{ мм}, \\ l_{c2} &= 2\pi \cdot r_2 = 2 \cdot 3.14 \cdot 22.5 \text{ мм} = 141.3 \text{ мм}, \\ l_{c3} &= 2\pi \cdot r_3 = 2 \cdot 3.14 \cdot 30 \text{ мм} = 188.4 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Условная плотность в нижней плоскости в $\Pi_c = l_{c2}/l_{c1} = 141.3 \text{ мм}/94.2 \text{ мм} \approx 1.49$ раз больше, чем в средней.

Во время намотки и съема хлопковой дольки со шпинделя шпиндель повреждает объем сегмента летучки, т.е. сегмент шара.

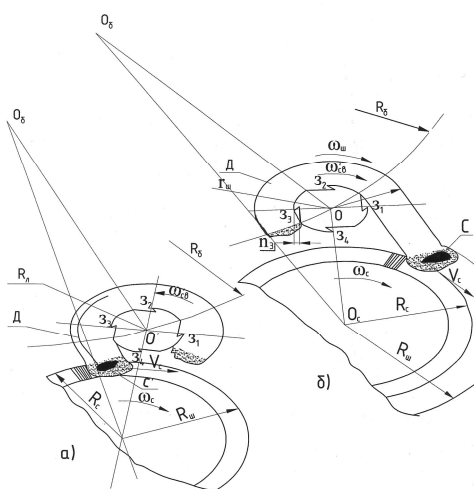
Объем сегмента шара определяется по формуле

$$V_{\text{сшг}} = \pi \cdot h^2 \cdot (3R - h)/3, \quad (1)$$

где R – радиус шара; h – высота сегмента шара.

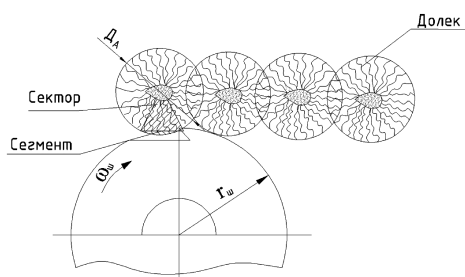
3. Учитывая размеры моделей долек и летучек хлопка, проанализируем вероятности скольжения волокон 8 летучек хлопка, образующих модельную дольку хлопка. Для этого принимаем допущения о равной вероятности следующих вариантов захвата летучек для 1-й модельной

- вариант 1 по схеме (рис. 3, *а*) повреждается зубьями 6 летучек из 8;
- вариант 2 с захватом за группу Г2 по схеме (см. рис. 3, *б*), возможны повреждения зубьями 4 летучек из 8;
- вариант 3 с захватом за группу Г3 по схеме (см. рис. 3, *б*), возможны повреждения зубьями 2 летучек из 8;
- вариант 4 с захватом за группу Г4, поврежденных (см. рис. 3, *б*) летучек нет;
- вариант 5 с захватом за группу Г4 по схеме (см. рис. 3, *а*), возможны повреждения зубьями 6 летучек из 8;
- вариант 6 с захватом за группу Г3 по схеме (см. рис. 3, *а*), возможны повреждения зубьями 4 летучек из 8;
- вариант 7 с захватом за группу Г2 по схеме (см. рис. 3, *а*), возможны повреждения зубьями 2 летучек из 8;
- вариант 8 по схеме (см. рис. 3, *а*), поврежденных (см. рис. 3, *а*) летучек нет.



Далее определяем наиболее вероятное число летучек хлопка, поверхности которых будут скользить навстречу зубьям шпинделей:

$$q_{лет} = \frac{6+4+2+6+4+2}{8} = 3. \quad (2)$$

$$V_{sp} = V_{nd1} + V_{nd2} + V_{nd3} \quad (3)$$


Относительный объем разрушаемых волоконц
модельной дольки хлопка при ее толщине $h_{\sigma}=2d_c$ в
деформированном состоянии

$$\Delta V_{ep} = \frac{V_{ep}}{V_{\partial\partial\mathcal{I}}} \cdot 100\% \quad . \quad (4)$$

4. Принимаем расчетную модель о равенстве объемов каждой из летучек, образующих дольки и имеющих форму шара (рис. 4).

Рис. 4. Схема повреждаемости объема сегмента шара (т.е. сегмент летучки) зубьями шпинделя

Объем летучки в раскрытой коробочке определяется по формуле

$$V_k = \left(\frac{3}{4} \pi R_k^3 \right) / n_l, \quad (5)$$

где n_l – количество летучек в коробочке.

5. Для оценки реализуемости таких разрушений необходимо определить разрушаемые объемы каждой летучки (т.е. сектора летучки) при их съеме. Эту задачу рассмотрим с использованием графоаналитических построений.

На основе графоаналитического метода, разработанного нами в [2], полученные данные используем для долевой повреждаемости волокон дольки по формуле

$$V_{nd} = (\pi \cdot h^2 \cdot (3R - h) / 3) \cdot n_k, \quad (6)$$

где $R=l_6$; $n_k=2$; $h=2-5$ мм; $V_{dol}=28.25$ см³; n_k – группа летучек, захваченных зубьями шпинделя.

Из рис. 3 видно, что группа летучек Г2 (варианты 7 – 3, рис. 3, а), при $n_k=6$ контактирующих с зубьями шпинделя, полностью повреждается. Для этих летучек расчетным путем определен объем летучки:

$$V_{nd6} = (\pi \cdot h^2 \cdot (3R - h) / 3) \cdot 6 = 2.68 \text{ см}^3.$$

В другой группе летучек поврежденных волокон приблизительно в 3 раза меньше, чем в группе Г4 (варианты 7 – 3, см. рис. 3, а), при $n_k=2$:

$$V_{nd2} = (\pi \cdot h^2 \cdot (3R - h) / 3) \cdot 2 = 0.89 \text{ см}^3.$$

Если первая группа сжимаемого со шпинделя хлопка состоит из одной летучки, тогда повреждаемость волокон будет меньше:

$$V_{nd1} = (\pi \cdot h^2 \cdot (3R - h) / 3) \cdot n_k = 0.478 \text{ см}^3$$

и общий ожидаемый объем повреждаемости равен

$$V_{ep} = V_{nd1} + V_{nd2} + V_{nd3} = 1.342 \text{ см}^3.$$

Тогда вероятность средней повреждаемости волокон раскрытых коробочек составит

$$\Delta V_{ep} = \frac{V_{ep}}{V_{dol}} \cdot 100\% = 4.75\%.$$

Расчеты на основании формулы (4) показали, что при съеме хлопка шпинделями из раскрытых коробочек повреждаемость волокон сырца существенно зависит от начальной структуры мотка хлопка (летучки или группы летучек), которая составляет от 4.75 до 9.51%.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сабликов М. В. Хлопкоуборочные машины. М.: Агропромиздат, 1985.
- [2] Глушенко А. Д., Ризаев А. А. Моделирование динамических взаимодействий долек хлопка и шпинделей в хлопкоуборочных аппаратах. Ташкент: Фан, 1995.
- [3] Норкузиев О. С. Разработка модели оценки повреждаемости хлопка горизонтально-шпиндельными аппаратами хлопкоуборочных машин. Дис. ... канд. техн. наук, Янгиюль, 2003.
- [4] Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Разработка, совершенствование параметров универсального шпинделя, его изготовление и испытание» (промежуточный). НИЦ ПОМ при ТГТУ. Ташкент, 2015.

Научно-исследовательский центр по проблемам отраслевого машиноведения
при Ташкентском государственном техническом университете

Дата поступления
28.12.2015

О.С. Норкузиев, Н.Б. Джуроева, М. Мирзаева, Д. Кулдошев, Д. Умарова. Вертикал шпиндаелли терим аппаратида пахтани терии жараёнида келиб чиқадиган толаларнинг шикастланиш эҳтимоллигини ҳисоблаш

Мақолада пахта терии машинаси ишчи органи шпинделининг очилган пахта чаногли билан узаро мулоқати математик ва графоаналитик моделлаштирилиб, пахтани чанокдан ечиб олиш жараёнида толаларнинг шикастланиш эҳтимоллиги анализ қилинган.

O.S. Norkuziev, N.B. Djuraeva, M. Mirzaeva, D. Kuldoshev, D. Umarova. Probabilistic calculation of damageability of fibres of cotton in the course of winding with spindles of the opened cotton boxes

To state it is carried out the analysis of probability of damage of fibers of cotton by working bodies of mechanical cotton pickers (spindle) mathematical and graphic-analytical by methods at process to winding from the cotton opened a box.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БЕТОНОВ НА ПОРИСТЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ ИЗ КВАРЦЕВЫХ ПОРФИРОВ И ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ

Как установлено исследованиями Н.А. Попова, В.С. Григорьева, А.С. Эпштейна и др., бетоны на различных пористых заполнителях обладают теплопроводностью в пределах, близких к теплопроводности легких бетонов на классическом керамзите, тем более с одинаковой объемной массой [1 – 5].

Определение коэффициента теплопроводности легкого бетона на исследуемых пористых заполнителях в зависимости от его объемной массы и влажности проводилось на образцах размером $250 \times 250 \times 60$ мм. Эксперименты выполнялись на установке со стационарным тепловым потоком. Отклонение полученных данных колебалось в пределах 2 – 4 %. Результаты испытания исследуемых марок бетонов приведены в табл. 1.

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что коэффициент теплопроводности в малой степени зависит от объемной массы исследуемых марок бетонов на пористых заполнителях из кварцевых порфиров и отходов угледобычи. Так, при изменении объемной массы легкого бетона от 1428 до 1740 кг/м³ разница коэффициента теплопроводности составляет всего 0.03 Вт/(м·°C).

Таблица 1

Теплопроводность бетонов на пористых заполнителях

Условные обозначения бетонов по маркам	Объемная масса бетона, кг/м ³	Влажность образцов, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)
75	1428	6.0	0.45
100	1550	7.5	0.46
150	1740	6.8	0.48
300	1940	6.5	0.52

Известно, что в процессе эксплуатации изделия и конструкции из легкого бетона наиболее подвержены влиянию влажностных условий окружающей среды. Нами проведены эксперименты по выявлению влияния этого процесса на теплопроводные свойства исследуемых легких бетонов.

Установлены прямая зависимость теплофизических свойств, в частности, коэффициента теплопроводности легкого бетона на исследуемых пористых заполнителях от влажностного состояния. Интенсивность роста коэффициента теплопроводности в зависимости от влажности бетона приведена на рис. 1.

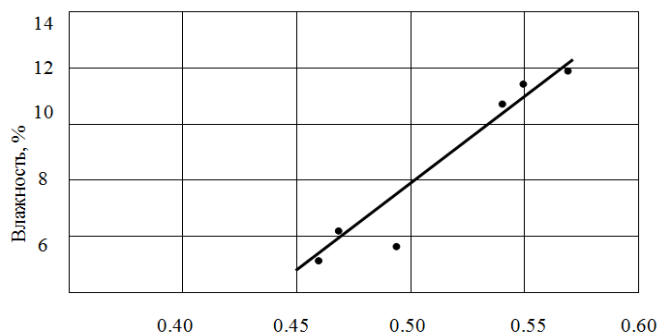


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности легкого бетона от его влажностного состояния

Экспериментальные данные показывают, что с повышением влажности бетонов на пористых заполнителях из кварцевого порфира и отходов угледобычи увеличивается коэффициент теплопроводности. В среднем при увеличении влажности легкого бетона на 1 % прирост коэффициента теплопроводности составляет от 0.01 до 0.015 Вт/(м·°C). Полученные данные вполне согласуются с результатами других исследователей бетонов на пористых заполнителях.

Оценивая результаты проведенных исследований по теплофизическому показателю, т.е. коэффициенту теплопроводности, и влиянию на него влажности в легких бетонах на исследуемых пористых заполнителях, можно утверждать, что они обладают достаточно хорошими теплозащитными свойствами и могут успешно использоваться в соответствующих строительных конструкциях.

Исследования многих авторов показали, что при многократных изменениях температурно-влажностного режима в легких бетонах на пористых заполнителях появляются микротрещины и полости. Эти дефекты влияют на долговечность бетона, так как приводят к снижению прочности его, а при дальнейшем развитии этого деструктивного процесса – и к разрушению бетона.

Рассматриваемый фактор долговечности бетона определялся после 50-кратного попеременного увлажнения и высушивания. Образцы размером 100×100×100 мм помещались на 12 ч в ванну с водой при температуре 18 – 20⁰С, после чего подвергались попеременному высушиванию и увлажнению. Контрольные кубы хранились до испытания в условиях нормального твердения при вышеуказанной температуре. Результаты испытаний образцов-кубиков после попеременного увлажнения и высушивания, а также определенный при этих испытаниях коэффициент размягчения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Значения прочности и коэффициент размягчения бетона после испытания

Условные обозначения марки бетона	Прочности образцов при сжатии, кгс/см ²		Потеря прочности, %	Коэффициент размягчения
	контрольных	после 50 циклов		
75	77	74	2.6	0.84
100	107	103	3.4	0.81
150	146	145	0.4	0.85
200	198	198	нет	0.90
300	305	304	0.4	0.85

Как установлено, бетоны на исследуемых пористых заполнителях достаточно стойки при многократном изменении температурно-влажностного режима, что является важным фактором долговечности при решении вопроса о возможности применения этих легких бетонов в изделиях и конструкциях.

Водопоглощение бетона на исследуемых пористых заполнителях определялось на образцах, высушенных до постоянной плотности, затем образцы-кубики помещались в ванну с водой при температуре 18⁰С ± 2⁰С. Взвешивание образцов-кубиков производилось через 1; 3; 5; 24; 48; 72; 96 и 120 ч.

На рис. 2 приведены зависимость водопоглощения легкого бетона на исследуемых пористых заполнителях от времени хранения образцов-кубиков в воде. Из вида заполнителя видно, что для бетонов характерно интенсивное водопоглощение в первые часы, которое составляет от 42 до 60 % по массе от полного водопоглощения. В первые часы водопоглощение легкого бетона на пористом мелком заполнителе (марки бетона 75, 100, 150) больше, чем на легком бетоне с использованием в качестве мелкого заполнителя обычного песка (марки 200 и 300). Вероятно, это объясняется тем, что мелкий пористый заполнитель образует в структуре бетона больше микро- и макрокапилляров, способствующих более интенсивному водонасыщению в начальный период.

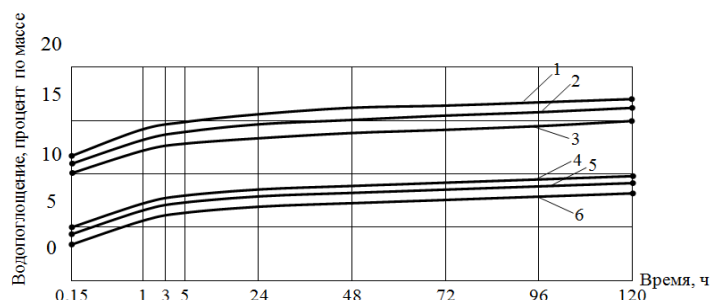


Рис. 2. Зависимость водопоглощения бетона от времени и вида заполнителя: 1, 2, 3 – бетоны марок 75, 100, 150 на мелком пористом заполнителе; 5, 6 – бетоны марок 200, 300 на мелком пористом заполнителе; 4 – керамзитобетон марки 200 на кварцевом песке

В дальнейшем (при хранении 1 – 3 ч и более) интенсивность водопоглощения снижается и остается примерно равной для всех составов.

Полное водопоглощение определено после месячного пребывания образцов-кубов в воде и составило для бетона марок 75, 100, 150 примерно 16 – 17%, для бетона марок 200, 300 – 13 – 14 %.

Полученные данные свидетельствуют о том, что с увеличением объемной массы и при применении обычного песка в качестве мелкого заполнителя водопоглощение бетонов на исследуемых пористых заполнителях уменьшается.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бужевич Г. А. Легкие бетоны на пористых заполнителях. М.: Стройиздат, 1970. – 215 с.
- [2] Журавлёв В. Ф., Штейерт Н. П. Сцепление цементного камня с различными материалами // Ж. «Цементы». 1983. № 2.
- [3] Газиев У. А., Шакиров Т. Т. Пористый заполнитель на основе кварцевого порфира и зауглероженной глины // Сб. научных трудов «Ресурсосберегающие технологии в строительстве». Ташкент: ТашИИТ, 2006.
- [4] Газиев У. А. Состав и свойство легкого бетона на аргиллитовом заполнителе. Ташкент: УЗНИИТИ, 1991. – 20 с.
- [5] Корнилович Ю. Е. Исследование растворов и бетонов. Киев: Госстройиздат, 1980.

Наманганский инженерно-педагогический институт

Дата поступления
09.02.2016

Б.Ш. Ризаев, Б.Б. Хасанов, О. Чулпанов. Кварцли порфир ва қўмир қазини чиқиндилари асосидаги говак тўлдирувчи бетонларнинг иссиқлик-физикавий хоссаларини тадқиқ қилиш

В статье приведены результаты исследований тепло-физических свойств бетонов на пористых заполнителях из кварцевых порфиров и отходов угледобычи рекомендации по установлению влияния влажности на теплопроводность бетона.

B.Sh. Rizayev, B.B. Hasanov, O. Chulpanov. The study of thermal properties of concrete with porous aggregates of quartz porphyry and coal waste

The article describes results of concrete physical properties with porous fillers based on quartz and hydrocarbon waste. In the article it is also given recommendations how to test wet affect on concrete thermal conductivity.

УДК 677.21.051.2

Р.Ш. СУЛАЙМОНОВ

ВРАЩЕНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ТЕЛА ИЗ ЗЕРНИСТОЙ СРЕДЫ В РАБОЧЕЙ КАМЕРЕ ЛИНТЕРА

В рабочей камере линтера зубья пил пыльного цилиндра и планки ворошителя, соприкасаясь с массой семян, приводят ее в движение и образуют сеянной валик. Пусть частицы цилиндрического слоя $h_0 = R - r_1$ (где R – внешний радиус цилиндра, r_1 – внутренний радиус слоя), совершают круговое движение совместно со слоем с постоянной угловой скоростью ω . Движение частиц слоя считаем стационарным и будем рассматривать только малые отклонения от состояния равновесия в плоскости, перпендикулярной оси цилиндра. Установим начало координат в центре цилиндра O и рассмотрим цилиндрические координаты (r, θ) . Частицы семян и линт моделируем зернистой средой. Здесь объемная деформация частиц зависит от сдвиговых деформаций по квадратичному закону [1, 2]:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} \mu (\gamma_r^2 + \gamma_\theta^2 + \gamma_z^2 + \gamma_{rz}^2), \quad (1)$$

где $\varepsilon = \varepsilon_r + \varepsilon_\theta + \varepsilon_z$ – объемная деформация; $\gamma_r = \varepsilon_r - \frac{1}{3} \varepsilon = \frac{1}{3} (2\varepsilon_r - \varepsilon_\theta - \varepsilon_z)$;

$\gamma_\theta = \varepsilon_\theta - \frac{1}{3} \varepsilon = \frac{1}{3} (2\varepsilon_\theta - \varepsilon_r - \varepsilon_z)$; $\gamma_z = \varepsilon_z - \frac{1}{3} \varepsilon = \frac{1}{3} (2\varepsilon_z - \varepsilon_\theta - \varepsilon_r)$; $\gamma_{rz} = \varepsilon_{rz}$ – компоненты тен-

зора девиатора деформации; $\gamma_{rz} = \varepsilon_{rz} = \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r}$ – сдвиговая деформации; $\varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r}$; $\varepsilon_\theta = \frac{u}{r}$;

$\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z}$; μ – коэффициент связи двух видов деформации; $u = u(r, z)$ и $w = w(r, z)$ – соответственно перемещение частиц упаковок вдоль радиуса и оси вращения.

Записываем основные соотношения между компонентами тензора напряжений $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_{rz}$, средним гидростатическим давлением p и перемещениями $u(r, \theta), v(r, \theta)$:

$$\sigma_r = -p + 2\mu p \gamma_r = -p \left[1 - \frac{2}{3} \mu \left(2 \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} - \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right], \quad (2)$$

$$\sigma_\theta = -p + 2\mu p \gamma_\theta = -p \left[1 - \frac{2}{3} \mu \left(2 \frac{u}{r} - \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right], \quad (3)$$

$$\sigma_z = -p + 2\mu p \gamma_z = -p \left[1 - \frac{2}{3} \mu \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{u}{r} - \frac{\partial u}{\partial r} \right) \right],$$

$$\sigma_{rz} = 2\mu p \varepsilon_{rz} = 2\mu p \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r} \right). \quad (4)$$

При этом соотношение (1) приводится к виду

$$\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} + \frac{\partial w}{\partial z} = \frac{1}{2} \mu \left[\left(2 \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} - \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 + \left(2 \frac{u}{r} - \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{\partial w}{\partial z} \right)^2 + \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial r} \right)^2 \right]. \quad (5)$$

Напряжения $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_{rz}$ удовлетворяют уравнениям

$$\frac{\partial \sigma_r}{\partial r} + \frac{\sigma_r - \sigma_\theta}{r} = -\rho r \omega^2, \quad (6)$$

$$\frac{\partial \sigma_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + \frac{\sigma_{rz}}{r} = 0. \quad (7)$$

Приближенно полагаем $\varepsilon_{rz}=0$, тогда имеем $u=u(r)$. Считаем концы вращающего цилиндра закрытыми, т.е. принимаем $w=0$. Тогда уравнения (5) и (6) примут вид

$$\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} = \frac{1}{2} \mu \left[\left(2 \frac{\partial u}{\partial r} - \frac{u}{r} \right)^2 + \left(2 \frac{u}{r} - \frac{\partial u}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r} \right)^2 \right], \quad (8)$$

$$-\frac{dp}{dr} (1 - 2\mu \gamma_r) + 2\mu p \frac{d\gamma_r}{dr} + 2\mu p \frac{\gamma_r - \gamma_\theta}{r} = -\rho \omega r. \quad (9)$$

Из уравнения (9) находим производную $\frac{\partial u}{\partial r} = \frac{du}{dr}$:

$$\frac{du}{dr} = F_0(r, u) = \frac{r + au - \sqrt{r^2 + 6aur - 3a^2 u^2}}{2ar}, \quad (10)$$

где $a = 2\mu/3$.

Кроме того, найдем производную $\frac{d\gamma_r}{dr}$:

$$\frac{d\gamma_r}{dr} = F_2(r, u) = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{3(r - au)}{\sqrt{r^2 + 6aur - 3a^2 u^2}} \right] [rF_0(r, u) - u] / r^2. \quad (11)$$

Далее уравнение (9) разрешим относительно производной $\frac{dp}{dr}$:

$$\frac{dp}{dr} = F_3(r, u) = \frac{\rho\omega^2 r^3 + 2\mu pr^2 F_2(r, u) + 2\mu p[rF_0(r, u) - u]}{r^2[1 - 2\mu F_0(r, u)]}. \quad (12)$$

Уравнения (10) – (12) совместно образуют систему для определения перемещения $u = u(r)$, $\gamma_r = \frac{du}{dr}$ и давления $p = p(r)$ и интегрируются численно.

Если среда совершает вращательное движение внутри неподвижного цилиндрического сосуда, то следует использовать следующие граничные условия:

$$p = p_0 \text{ при } r = r_1,$$

$$u = 0 \text{ при } r = R,$$

где p_0 – удерживающая среда по радиусу по поверхности цилиндра радиусом $r = r_1 < R$.

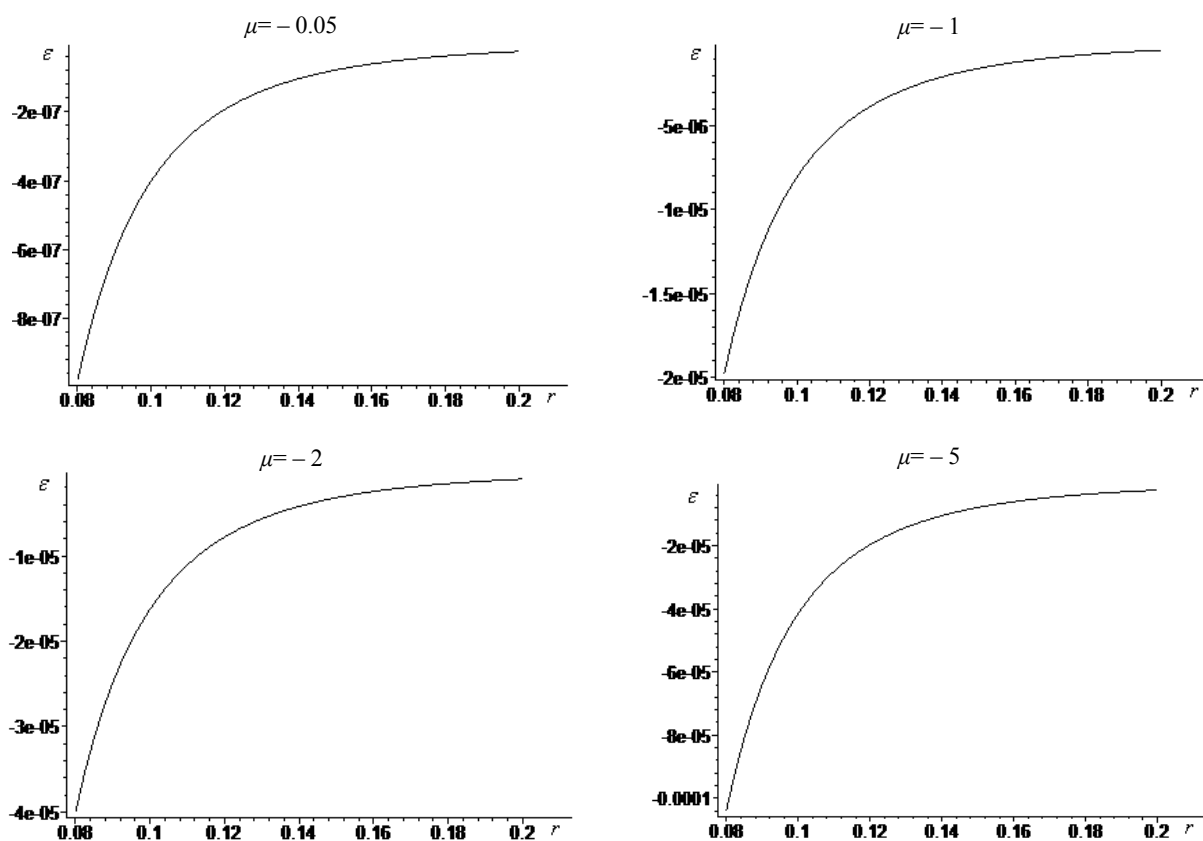


Рис.1. Зависимости объемной деформации $\varepsilon = er$ от радиуса цилиндра для различных значений параметра μ

На рис. 1 представлены графики изменений деформаций частиц ε и давления p (Па) среды по радиусу цилиндра для различных значений параметра μ . В расчетах принято $r_1 = 0.1$ м, $R = 0.2$ м, $\rho = 20$ кг/м³, $\omega = 40$ с⁻¹, $p_0 = 50$ Па. Из анализа графиков для деформации (см. рис.1) следует, что значительную деформацию имеют частицы среды, находящиеся вблизи внутренней поверхности цилиндра. Далее с удалением деформация быстро падает и при $r > 0.15$ м практически остается постоянной. Рост параметра μ приводит к росту деформации и не влияет на характер распределения ее по радиусу цилиндрического тела.

Анализ кривых для давления (рис. 2) показывает существенное влияние параметра μ на характер распределения давления по радиусу цилиндра. При этом рост параметра μ приводит к сни-

жению максимального значения давления на внешней границе тела, и, таким образом, к росту разрыхленности среды.

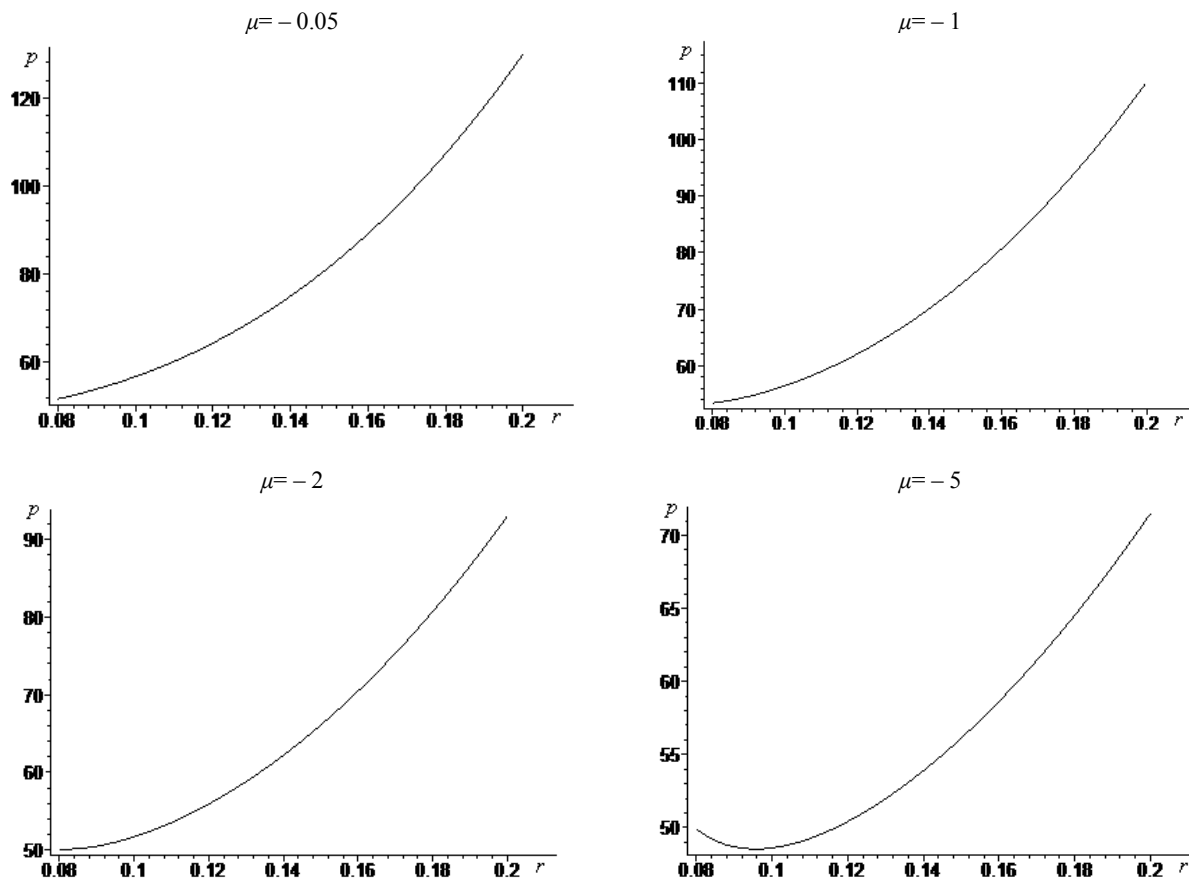


Рис. 2. Зависимости давления p (Па) от радиуса цилиндра для различных значений параметра μ

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вайсман А.М., Гольдштик М.А. Деформирование зернистой среды // ДАН СССР. 1980. Т. 252. № 1. С. 61 – 64.
- [2] Бердичевский В.Л. Вариационные принципы МСС. М.: Наука, 1983. – 420 с.

«Paxtasanoat ilmiy markazi» AJ

Дата поступления
11.02.2016

Р.Ш. Сулаймонов. Чигитли массадаан юзага келган цилиндрли шаклнинг линтер ишчи камерасидаги айланма харакати

Чигитли линтерлаш жараёнида μ кўрсаткичини чигитли масса ҳажми деформациясига ва чигитли валик радиуси бўйича юзага келадиган босимга таъсири ўрганилди.

R.Sh. Sulaymonov. Rotation of the cylindrical body from the granular environment in working chamber lintera

It is considered{examined} influences of parameter μ on character of distribution of volumetric deformation of the granular environment and pressure on radius seed roll the platen during linting seeds.

ПАХТАНИ ЙИРИК ИФЛОСЛИКЛАРДАН ТОЗАЛАШ ЖАРАЁНИДА КЕТМА-КЕТ ТЕХНОЛОГИЯЛИ АРРАЛИ ТОЗАЛАГИЧ ВА УНИНГ КЎРСАТКИЧЛАРИ

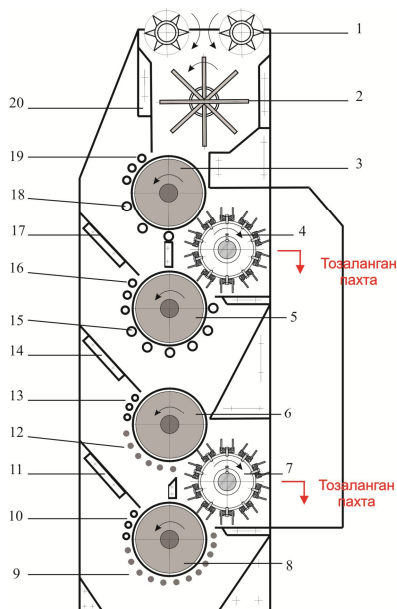
Ҳозирги пайтда ишлатилаётган ЧХ-5 ва ЧХ-3М2 “Меҳнат” тозалагичларда тозалашнинг узлуксиз тозалаш технологияси қўлланилади, яъни тозалагичга йўналтирилган пахта икки аррачали барабанда тозаланиб кейин бошқа жараёнга узатилади. Бу барабанларда ажралган чиқинди таркибидаги пахта бўлаклари алоҳида барабанда регенерация қилинади [1].

Охирги йилларда ўтказилган изланишлар [2] натижасига кўра, ҳозирги тозалагичларда уларнинг ишчи органлари жойлашишини сақлаган ҳолда, тозалашнинг кетма-кет технологияси қўлланилганда, яъни тозалагичга йўналтирилган пахта битта барабанда тозаланиб кейин бошқа жараёнга узатилса ва биринчи барабанда ажралган пахта билан аралаш чиқинди кейинги барабанда қайта ишланиб пахта бўлаклари ажратиб олинса, тозалаш самарадорлиги сақлаб қолиниши ва тозалагичнинг иш унуми ошиши аниқланган.

Лекин бу тозалагичларнинг энг асосий камчилиги, уларнинг муҳим ишчи қисмлари аррачали барабан аррачаларининг, ажратувчи барабан ва илдирувчи чўткаларининг ейилиши, ишдан чиқиши оқибатида тез-тез алмаштирилишидир. Кўп ҳолларда аррачали барабан ва ажратувчи барабан мувозанатининг йўқолиши тозалагичнинг технологик кўрсаткичи: тозалаш самарадорлигининг пасайишига, чиқиндилар таркибида пахта миқдорининг кўпайишига сабаб бўлади. Аррачалар ва чўткалар нархининг юқорилиги ва уларнинг танқислиги пахта тозалаш корхонасининг харажатларини оширади.

Аввал яратилган тозалаш технологияси кетма-кет бўлган тозалагич конструкцияси [2] таҳлили, тозалагичнинг самарадорлигини ошириш учун унинг конструкциясига тез ейилмайдиган ишчи қисмларни ва чиқиндилар таркибида пахта бўлакларининг кам бўлиши учун қўшимча регенерация бўлинмасини киритиш кераклигини кўрсатди.

Шу сабабли, тозалаш технологияси кетма-кет бўлган тозалагич конструкциясига ейилувчанлиги кам ишчи органлар [3, 4] ва пахта таркибидаги мато аралашмаларини ушлаб қолувчи узун қозикчали барабанни [5] қўллаган ҳолда янги тозалагич яратилди (расм).



Пахта тозалагичнинг янги конструкцияси:
1 – таъминлаш валиклари; 2 – титиш барабани; 3, 5, 6, 8 – аррали цилиндрлар; 4, 7 – ажратувчи парракли барабанлар; 9, 12, 15, 18 – колосникли панжара; 11, 14, 17, 20 – лотоклар; 10, 13, 16, 19 – илдирувчи колосниклар

Бу тозалагич таъминлаш валиклари 1, узун қозикчали титиш барабани 2, асосий тозалаш аррали цилиндрлар 3, 5, регенерация аррали цилиндрлар 6, 8, ажратувчи парракли барабанлар 4, 7, колосникли панжаралар 9, 12, 15, 18, лоток 11, 14, 17, 20, илдирувчи мосламалар 10, 13, 16, 19 дан иборат.

Тозалагич куйидаги тарзда ишлайди: пахта таъминлаш валиклари ёрдамида узун қозикчали барабанга узатилади ва унда титкиланиб юқоридан биринчи аррали цилиндр 3га узатилади, арра тишларига илинган пахта илдирувчи мослама 19 билан таъсирлашиб арра тишларига маҳкамрок илашади ва ҳаракат йўналишида колосниклар 18 га урилиб ифлос аралашмалардан тозаланади, ундан кейин эса арра тишларидан парракли ажратувчи барабан 4 ёрдамида ажратиб олиниб тозалагичдан ташқарига чиқарилади. Бу бўлинмада “арра-арра” ва “колосник-колосник” орасидаги масофа мос равишда 14 мм, 80 мм.

Биринчи бўлинмада ажралган ифлос аралашмалар билан пахта биргаликда лоток 17 орқали иккинчи аррали цилиндр 5га тушади. Бу

бўлинмада ҳам биринчи бўлинмадаги жараён қайтарилади, яъни арра тишларига илинган пахта илдирувчи мослама 16 билан илаштирилади ва колосниклар 15га урилиб тозаланади ҳамда парракли ажратувчи барабан 4 ёрдамида юқориги аррали цилиндр 3да тозаланган пахта билан биргаликда тозалагичдан ташқарига чиқарилади. Бу бўлинмада “арра-арра” ва “колосник-колосник” орасидаги масофа мос равишда 14 мм, 60 мм.

Иккинчи аррали цилиндрда ажралган ифлос аралашмалар билан пахта лоток 14 орқали учинчи аррали цилиндр бга тушади. Бу бўлинмада ва тўртинчи аррали цилиндрда тозаланган пахта, парракли ажратувчи барабан 7 ёрдамида тозалагичдан ташқарига чиқарилиб биринчи ва иккинчи бўлинмада тозаланган пахтага қўшилади.

Учинчи бўлинмада “арра-арра” ва “колосник-колосник” орасидаги масофа мос равишда 12 мм, 40 мм. Тўртинчи бўлинмада эса “арра-арра” ва “колосник-колосник” орасидаги масофа мос равишда 12 мм, 30 мм.

Шуни таъкидлаш керакки, бу конструкциядаги тозалагичда иккинчи тозалаш ва тўртинчи регенерация бўлинмасида тозалаш жараёни кечадиган ёй узунлиги максималлиги, тозалаш ва чиқинди таркибидаги пахта бўлакларини регенерация қилиш алоҳида икки бўлинмада олиб борилиши ишлаб чиқариш унумдорлиги, тозалаш самарадорлиги юқори ва охириги чиқиндилар таркибида пахта бўлаклари меъёрининг кам бўлишлигини таъминлаши керак.

Янги тозалагич тажриба нусхасида юқорида белгиланган кўрсаткичлар ўрнатилиб амалий изланишлар олиб борилди.

Натижалар жадвалда келтирилган. Амалий изланишлар олиб борилишида Наманган-77 селекцияли, 2-нав, 2-синф, ифлослиги 7.5 %, намлиги 8.0 % пахта тозаланди. Натижалардан кўриниб турибдики, тозалагичнинг умумий тозалаш самарадорлиги 65 %, йирик ифлосликлар бўйича эса 85 % ташкил этади.

Янги тозалагич тажриба нусхасида ўтказилган тажриба натижалари

№	Кўрсаткичлар	Бўлинмалар				Охириги
		1	2	3	4	
1	Умумий тозалаш самарадорлиги, %	62		67		65
2	шу жумладан: йирик ифлослик бўйича, %	82		88		85
3	Чиқиндилар таркибидаги пахта миқдори, %	25	12	5	0,4	0,4
4	Чигитнинг механик шикастланиши, %	2.3		2.5		2.5
5	Тозаланган пахтадаги эркин толалар, %	0.037		0.038		0.038

Охириги чиқинди таркибидаги пахта миқдори ҳам мавжуд РХ регенераторлардан чиқадиган чиқинди таркибидаги пахта миқдоридан кам.

Чигитнинг механик шикастланиши, тозаланган пахтадаги эркин толалар миқдори ҳам меъёр даражасида [6].

АДАБИЁТЛАР

- [1] Жабборов Ғ.Ж. ва бошқ. Чигитли пахтани қайта ишлаш технологияси. Тошкент. Ўқитувчи, 1987.
- [2] Бородин П.Н. и др. Модернизация пыльчатого очистителя ЧХ-5. Отчет темы 0003, ОАО НПЦ «Paxtasanoatilm». Ташкент, 2001.
- [3] Хакимов Ш.Ш. ва бошқ. Чигитли пахта тозалагичи. Фойдали моделга патент. № FAP 00958. 08.09.2014 йил.
- [4] Хакимов Ш.Ш. ва бошқ. Тозалагичларда пахта хом-ашёсини аррали цилиндр юзасидан олиш ва уни йўналиштириш учун барабан. Фойдали моделга патент. №FAP 00335. 10.12.2007 йил.
- [5] Хакимов Ш.Ш. ва бошқ. Пахта хом-ашёсини тозалаш ва титиш барабани. Патент №IAP 03913. 31.03.2009 г.
- [6] Справочник по первичной обработке хлопка. Ташкент: Мехнат, 1994.

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

14.07.2015 й.
қабул қилинган

Ш.Ш. Хакимов. Обоснование параметров очистителя с последовательной технологией очистки хлопко-сырца от крупного сора

Разработан новый очиститель хлопко-сырца от крупного сора на основе применения металлических планок на сжимающихся барабанах и вместо притирочных щеток металлических стержней. Показано, что новый очиститель имеет высокий очистительный эффект от крупного сора, повышенную производительность, уменьшает поврежденность семян, а также сокращает содержание хлопко-сырца в отходах до уровня регенератора.

Sh.Sh. Khakimov. The use of sawed-drum with back-to-back technology and their indicators in cleaning great mess in cotton

A new cleaner of raw cotton from the large litter is developed based on the use of metal brackets collapsing drums and instead of lapping brushes metal rods. It is shown that the new cleaner has a high cleansing effect of a large litter, increased productivity, reduced seed damage, and also reduces the cotton content of the waste to the level of the regenerator.

УДК 539.3

Е.В. АН

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ДВУХ- И ЧЕТЫРЕХЗВЕННОЙ МОДЕЛЕЙ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Рассмотрим трубопровод, ось которого в недеформированном состоянии совпадает с осью x декартовой системы координат (x, y, z) . Компоненты перемещения точек оси трубопровода в направлении x и z обозначим через $U(x, t)$ и $W_1(x, t)$. Для определения этих функций Кирхгоффом была предложена система уравнений, применяемая в технической теории «больших прогибов» стержней [1, 2]:

$$\left. \begin{aligned} m_T \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - EF_T \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial W_1}{\partial x} \right)^2 \right] &= q_x \\ m_T \frac{\partial^2 W_1}{\partial t^2} + EJ \frac{\partial^4 W_1}{\partial x^4} - EF_T \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \frac{\partial W_1}{\partial x} \left[\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{2} \left(\frac{\partial W_1}{\partial x} \right)^2 \right] \right\} &= q_z \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где t, x – размерные время и координата точки оси трубопровода; EF_T, EJ – линейная и изгибная жесткости трубопровода; $m_T = \rho_T F_T$ – погонная масса трубопровода; q_x, q_z – размерные продольная и поперечная компоненты погонных внешних сил, действующих на трубопровод.

Граничные условия: $U=0$ при $x=0$, $U=U_0+U_1 \cos \gamma t$ при $x=l$; $W_1=0, \frac{\partial^2 W_1}{\partial x^2}=0$ при $x=0; l$.

Предположим также, что трубопровод имеет начальное искривление и q_z выбрано в виде двухзвенной математической модели взаимодействия твердого тела с водонасыщенным (переувлажненным) грунтом: $q_z = -kW_1 - \beta \frac{\partial W_1}{\partial t}$ [3, 4].

Если принять гипотезу Кирхгоффа для продольных перемещений, тогда после несложных преобразований, которые подробно описаны в работах [1, 5], система уравнений (1) сводится к виду

$$\begin{aligned} m_T \frac{\partial^2 W_1}{\partial t^2} + EJ \frac{\partial^4 (W_1 - W_0)}{\partial x^4} - \frac{EF_T}{l} \left[U[l, t] - U(0, t) + \frac{1}{2} \int_0^l \left(\frac{\partial W_1}{\partial x} \right)^2 dx \right] \frac{\partial^2 W_1}{\partial x^2} = \\ = -k(W_1 - W_0) - \beta \frac{\partial W_1}{\partial t}, \end{aligned} \quad (2)$$

где W_0 – начальный прогиб; W_1 – полный прогиб.

Примем, что один из концов трубопровода все время неподвижен $U(0, t)=0$, а второй присоединен к массивному телу (сложный узел, гидротехническое сооружение и т.д.), основная собственная частота колебаний которого примерно вдвое превышает основную частоту поперечных колебаний трубопровода, т.е. $U(l, t) = U_0 + U_1 \cos 2\omega t$, $U_0 \geq 0, U_1 > 0$.

Перейдем к безразмерным величинам, сделав замены:

$$t_1 = \frac{t}{T_0}, \quad \xi = \frac{x}{l}, \quad V_1 = \frac{W_1}{R_u}, \quad V_0 = \frac{W_0}{R_u}, \quad V = \frac{W}{R_u},$$

где T_0 и l – характерное время и линейный размер.

Тогда уравнение (2) будет иметь вид

$$\begin{aligned} & \frac{m_T R_u}{T_0^2} \frac{\partial^2 V_1}{\partial t_1^2} + \frac{E J R_u}{l^4} \frac{\partial^4 (V_1 - V_0)}{\partial \xi^4} - \frac{E F_T R_u}{l^3} (U_0 + U_1 \cos 2\omega T_0 t_1) \frac{\partial^2 V_1}{\partial \xi^2} - \\ & - \left[\frac{E F_T}{2l} \int_0^1 \left(\frac{R_u}{l} \frac{\partial V_1}{\partial \xi} \right)^2 d(l\xi) \right] \frac{R_u}{l^2} \frac{\partial^2 V_1}{\partial \xi^2} = -k R_u (V_1 - V_0) - \frac{\beta R_u}{T_0} \frac{\partial V_1}{\partial t}. \end{aligned} \quad (3)$$

Представим функции V_1 и V_0 в следующем виде: $V_1 = f_1 \sin \pi \xi$, $V_0 = f_0 \sin \pi \xi$, тогда (3) запишется в следующем виде:

$$\begin{aligned} & \frac{m_T R_u}{T_0^2} \frac{d^2 f_1}{dt_1^2} + \frac{E J R_u \pi^4}{l^4} (f_1 - f_0) + \frac{E F_T R_u \pi^2}{l^3} (U_0 + U_1 \cos 2\omega T_0 t_1) f_1 + \\ & + \left[\frac{E F_T \pi^4 R_u^3}{2l^4} \int_0^1 (\cos \pi \xi)^2 d\xi \right] f_1^3 = -k R_u (f_1 - f_0) - \frac{\beta R_u}{T_0} \frac{\partial f_1}{\partial t_1}. \end{aligned} \quad (4)$$

Рассмотрим случай, когда $\beta R_u / T_0 \gg 1$, т.е. легкая труба, а силы вязкого взаимодействия значительны.

Разделим обе части уравнения (4) на коэффициент при $\frac{df_1}{dt_1}$:

$$\begin{aligned} & \frac{m_T}{T_0 \beta} \frac{d^2 f_1}{dt_1^2} + \frac{E J \pi^4 T_0}{l^4 \beta} (f_1 - f_0) + \frac{df_1}{dt_1} + \frac{T_0 k}{\beta} (f_1 - f_0) + \\ & + \frac{E F_T \pi^2 T_0}{l^3 \beta} (U_0 + U_1 \cos 2\omega T_0 t_1) f_1 + \frac{E F_T \pi^4 R_u^2 T_0}{4l^4 \beta} f_1^3 = 0. \end{aligned} \quad (5)$$

Введем обозначения: величина $\frac{m_T}{T_0 \beta} = \varepsilon$; величина $\frac{E J \pi^4 T_0}{l^4 \beta} = a_1$; величина $\frac{T_0 k}{\beta} = b_1$; величина $\frac{E F_T \pi^2 T_0}{l^3 \beta} (U_0 + U_1 \cos 2\omega T_0 t_1) = c_1(t_1)$; величина $\frac{E F_T \pi^4 R_u^2 T_0}{4l^4 \beta} = \varepsilon N$, где $N = \frac{E F_T \pi^4 R_u^2 T_0^2}{4l^4 m_T}$.

Тогда уравнение (5) примет вид

$$\begin{aligned} & \varepsilon \frac{d^2 f_1}{dt_1^2} + \frac{df_1}{dt_1} + [a_1 + b_1 + c_1(t_1)] f_1 + \varepsilon N f_1^3 = [a_1 + b_1] f_0, \\ & \varepsilon \frac{d^2 f_1}{dt_1^2} + \frac{df_1}{dt_1} + A(t_1) f_1 + \varepsilon N f_1^3 = \psi, \quad t_1 \in [0; 1]; \quad f_1(0) = f_1^0, \quad \frac{df_1(0)}{dt_1} = z^0, \end{aligned} \quad (6)$$

где $A(t_1) = a_1 + b_1 + c_1(t_1)$; $\psi = (a_1 + b_1) f_0$.

Для сокращения переобозначим $t_1 = t$ и $f_1 = y$, тогда уравнение (6) будет иметь вид

$$\begin{aligned} & \varepsilon \frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{dy}{dt} + A(t) y + \varepsilon N y^3 = \psi, \quad t \in [0; 1]; \\ & y(0) = y^0, \quad \frac{dy(0)}{dt} = z^0. \end{aligned} \quad (7)$$

Понизим порядок системы (7), применяя методику, изложенную в [6]. Так как задача была решена впервые в рамках гранта [1], в котором приводится вся процедура сведения к тихоновской системе, поэтому приведем итоговую расчетную формулу.

С точностью до второго приближения задача (7) имеет решение:

$$y(t, \varepsilon) = y^0 e^{-\int_0^t A(s) ds} + e^{-\int_0^t A(s) ds} \cdot \int_0^t \psi e^{\int_0^s A(\tau) d\tau} ds +$$

$$+ \varepsilon \left\{ e^{-\int_0^t A(s) ds} \left[(z^0 + A(0)y^0 - \psi) + \int_0^t f(s) e^{\int_0^s A(\tau) d\tau} ds \right] - (z^0 + A(0)y^0 - \psi) e^{-\frac{t}{\varepsilon}} \right\} + \dots \quad (8)$$

$$z(t, \varepsilon) = \psi - A(t) e^{-\int_0^t A(s) ds} \left[y^0 + \psi \int_0^t e^{\int_0^s A(\tau) d\tau} ds \right] + [z^0 + A(0)y^0 - \psi] e^{-\frac{t}{\varepsilon}} +$$

$$+ \varepsilon \left\{ f(t) - A(t) e^{-\int_0^t A(s) ds} \left[(z^0 + A(0)y^0 - \psi) + \int_0^t f(s) e^{\int_0^s A(\tau) d\tau} ds \right] \right\} +$$

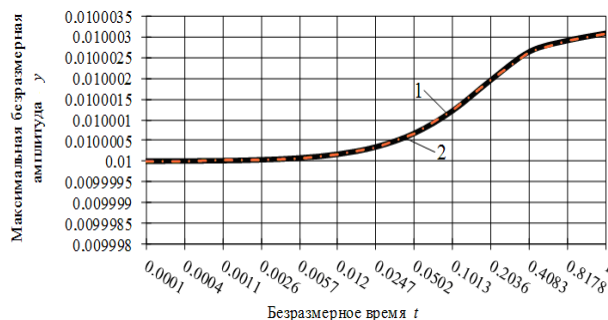
$$+ \varepsilon \left\{ \left(A(0)z^0 + 2A^2(0)y^0 - A(0)\psi + N(y^0)^3 - y^0 A'(0) - A^2(0)\psi \right) e^{-\frac{t}{\varepsilon}} + \frac{t}{\varepsilon} A(t) e^{-\frac{t}{\varepsilon}} (z^0 + A(0)y^0 - \psi) \right\}, \quad (9)$$

где $\frac{t}{\varepsilon}$ – растянутое время. Функция $f(t)$ в формулах (8) и (9) определяется нижеследующим равенством:

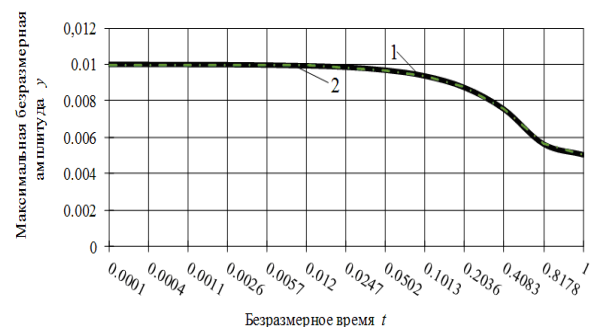
$$f(t) = -N \left(y^0 e^{-\int_0^t A(s) ds} + e^{-\int_0^t A(s) ds} \cdot \int_0^t \psi e^{\int_0^s A(\tau) d\tau} ds \right)^3 + e^{-\int_0^t A(s) ds} \left[y^0 + \psi \int_0^t e^{\int_0^s A(\tau) d\tau} ds \right] [A'(t) - A^2(t)] + A^2(t)\psi.$$

Получены расчетные формулы (8) – (9) для определения амплитуды и скорости поперечных смещений в зависимости от t и ε складываются из регулярной и пограничной частей,. Так как эти формулы имеют достаточно сложную структуру, проанализируем построенные по этим расчетным формулам графики зависимости максимальной амплитуды от времени при разных значениях параметров задачи.

В [1] даны результаты исследований для четырехзвенной модели взаимодействия трубопровода с грунтом, поэтому в данной работе приведем сопоставительный анализ результатов и выявим влияние параметров, входящих в эти модели взаимодействия трубопровода с грунтом.



а



б

Максимальные амплитуды поперечных колебаний трубопроводов: 1 – двухзвенная; 2 – четырехзвенная модели взаимодействия; а – $\delta=1$; $l=1\ 300$; $R=9$; $T_0=0.7$; $k_1=2$; б – $\delta=1$; $l=800$; $R=7$; $T_0=0.3$; $k_1=0.5$

Сравнение результатов показало, что влияние параметров M_z , B_z , входящих в четырехзвенную математическую модель взаимодействия трубопровода с грунтом [1], не влияет на значения максимальной амплитуды поперечных колебаний легких трубопроводов при продольном циклическом нагружении. При малых значениях упругих свойств взаимодействия трубопровода с грунтом (близких к нулю, примерно 0.01, не учитывать упругие взаимодействия нельзя, так как любой грунт обладает упругими свойствами взаимодействия) данный эффект не является неожиданным, так как при сопоставлении величин при одинаковых слагаемых в исходном уравнении [1] видим, что значения величин k и M_z (упругое взаимодействие) малы по сравнению с линейной жесткостью трубопровода. А значения B_z имеют ниже порядок по сравнению с β , поэтому его влияние также незначительно. Данный вывод справедлив только для легких трубопроводов, уложенных в водонасыщенных грунтах, в которых значения упругих свойств взаимодействия намного меньше значений, характеризующих вязкие свойства взаимодействия. Если постепенно увеличивать жесткость грунта, этот эффект постепенно исчезает.

На графиках (см. рисунок) в начале происходят колебания с амплитудами u , имеющими порядок u_0 , и поэтому на графиках незаметны. Далее, в конце этапа, начиная с определенного значения безразмерного времени t , обнаруживается либо тенденция к росту значений u , либо колебания поглощаются демпфированием.

Анализ полученных многочисленных результатов позволил выявить влияние реологических параметров грунта, геометрических и механических характеристик трубопровода на динамическую устойчивость трубопровода. В частности, пришли к следующему заключению:

- на устойчивость трубопровода влияют его жесткость и длина: чем больше l , тем менее устойчив трубопровод. Чем больше коэффициент постели, тем вероятность выпучивания меньше;
- в зависимости от конкретных числовых значений параметров критическое время оказывается различным;
- в случае легкого трубопровода колебания подавляются демпфированием, но при подходе к критическому времени амплитуда возрастает по абсолютной величине.

Установлено, что легкие трубопроводы менее подвержены риску выпучивания в сравнении с более массивными (стальными, чугунными и др.), находящимися в тех же грунтовых условиях.

Итак, динамическая неустойчивость подземного трубопровода, согласно полученным нами результатам, происходит при вполне определенных соотношениях, связывающих между собой все без исключения параметры рассматриваемой задачи, и на практике может проявляться в форме выпучивания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Заключительный отчет ФА-Ф8-Ф086 «Исследование проблем взаимодействия в системе «твердое деформируемое тело – грунт», учитывающих липкость, влажность и структурную неоднородность грунта (при сейсмических нагружениях)». ИМСС АН РУз. – 192 с.
- [2] Каудерер Г. Нелинейная механика. М.: Издательство иностранной литературы, 1961. – 778 с.
- [3] Рашидов Т.Р., Сибукеев Ш.М. Реологическая модель взаимодействия трубопровода с водонасыщенным грунтом (при поперечных движениях) // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент. 2009. № 1. С. 32 – 36.
- [4] Ан Е.В., Рашидов Т.Р. Сейсמודинамика подземных трубопроводов, взаимодействующих с водонасыщенным мелкодисперсным грунтом // Механика твердого тела. 2015. № 3. С. 89 – 104.
- [5] Ан Е.В. Динамическая устойчивость трубопроводов, расположенных в водонасыщенных грунтах. Ташкент: Фан ва технология, 2013. – 112 с.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Дата поступления
02.03.2016

Е.В. Ан. Даврий юкланишларда ер ости қувурларини динамик турғунлиги тадқиқотларида икки ва тўртбўғинли ўзароҳаракат моделларини таъсири тахлили

Бўйлама даврий юкланиш таъсиридаги намлиланган грунтда жойлашган ер ости қувури қўриб чиқилган. Ер ости қувурини грунт билан ўзаротаъсирнинг икки ва тўртбўғинли моделларида олинган натижаларнинг солиштирма тахлили келтирилган. Қувурларнинг динамик устуворлигида қувурнинг геометрик ва механик характеристикаларига грунтнинг реологик параметрларини таъсири аниқланган.

E.V. An. Analysis of influence of two- and four-link models of interaction in study of dynamic stability of underground pipelines under the cyclic loading

Let's consider the underground pipeline located in water-saturated soil under the action of the longitudinal cyclic loading. Comparative analysis of the results in two- and four-link models of interaction between the underground pipeline with soil is held. The influence of rheological parameters of soil, geometrical and mechanical characteristics of the pipeline showed on the dynamic stability of the pipeline.

УДК 539.3

Н.А. НИШОНОВ

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВЯЗКОУПРУГИХ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

В сейсмически активных районах при проектировании и строительстве подземных сооружений должна учитываться реальная сотрясаемость в случае возможных землетрясений. Ведущее значение в решении этой проблемы имеют разработка и совершенствование методов расчета подземных сооружений, учитывающих реальные взаимодействия сооружения и грунта при динамических воздействиях. Фактические данные о поведении подземных сооружений при сильных землетрясениях показывают, что на напряженно-деформированное состояние влияют физико-механические свойства грунта и сооружения, характер сейсмического воздействия, конструктивные особенности, геометрические размеры и глубина заложения подземного сооружения. Учитывая вышесказанное, изучение прочностных свойств подземных трубопроводов, в частности из полимерных материалов, в структурно-неоднородных и увлажненных грунтовых условиях их эксплуатации, с учетом последствий возможного сейсмического воздействия представляет важную практическую проблему. Исследование сейсмостойкости подземных сооружений с учетом всех этих факторов в комплексе предопределяет применение численных методов расчета, ориентированных на применение вычислительных средств.

Использование новых композиционных материалов в инженерной практике, а также проектирование и создание прочных, легких и надежных конструкций требует совершенствования механических моделей деформируемых тел и разработки более совершенных математических моделей, их расчета с учетом реальных свойств конструкционных материалов и их геометрии. Поэтому разработка эффективных алгоритмов, которые используются для решения задач подземных полимерных трубопроводов, является актуальной задачей.

Рассматривается прямолинейный подземный полимерный трубопровод, взаимодействующий с окружающим грунтом, при действии сейсмического воздействия произвольного направления.

Для получения дифференциальных уравнений колебаний подземных полимерных труб используется вариационный принцип Остроградского – Гамильтона [1]

$$\int_t (\delta T - \delta \Pi + \delta A) dt = 0, \quad (1)$$

где δT и $\delta \Pi$ – соответственно вариация кинетической и потенциальной энергии; δA – вариация работы внешних сил [1].

Применяется разработанная теория стержня Власова – Джанилидзе – Кабулова [1]:

$$u_1(x, y, t) = u(x, t) - y\alpha_1(x, t), \quad u_2(x, y, t) = v(x, t) \quad (2)$$

Выражения перемещения $u_i(x, y, t)$ из (2) подставляем под знак вариации δu_i .

При учете выражения u_i (2) соотношения Коши получают вид

$$\varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(u - y\alpha_1) = \frac{\partial u}{\partial x} - y \frac{\partial \alpha_1}{\partial x}; \quad \varepsilon_{12} = \frac{\partial u_1}{\partial y} + \frac{\partial u_2}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x}(v) + \frac{\partial}{\partial y}(u - y\alpha_1) = \frac{\partial v}{\partial x} - \alpha_1. \quad (3)$$

При этом вариации кинетической, потенциальной и работы внешних сил представляются в виде

$$\int_t \delta T dt = \int_t \int_V \rho \left(\frac{\partial u_1}{\partial t} \cdot \delta \frac{\partial u_1}{\partial t} + \frac{\partial u_2}{\partial t} \delta \frac{\partial u_2}{\partial t} \right) dV dt, \quad (4)$$

$$\int_t \delta \Pi dt = \int_t \int_V (\sigma_{11} \delta \varepsilon_{11} + \sigma_{12} \delta \varepsilon_{12}) dV dt, \quad (5)$$

$$\int_t \delta A dt = \int_t \int_V [P_1 \delta u_1 + P_2 \delta u_2] dV dt + \int_t \int_S [q_1 \delta u_1 + q_2 \delta u_2] dS dt + \int_t \int_{S_1} [\varphi_1 \delta u_1 + \varphi_2 \delta u_2] dS_1 dt \Big|_x. \quad (6)$$

Из [2] получаем связь между напряжениями и деформациями для подземных полимерных трубопроводов

$$\sigma_{11} = E \left[\varepsilon_{11}(t) - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \varepsilon_{11}(\tau) d\tau \right]; \quad \sigma_{12} = \frac{E}{2(1+\mu)} \left[\varepsilon_{12}(t) - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \varepsilon_{12}(\tau) d\tau \right]. \quad (7)$$

С учетом соотношения Коши (3) выражение (7) получает следующий вид:

$$\sigma_{11} = E \left(\frac{\partial u}{\partial x} - y \frac{\partial \alpha_1}{\partial x} \right) \left(1 - \int_0^t \Gamma(t-\tau) d\tau \right); \quad \sigma_{12} = G \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \alpha_1 \right) \left(1 - \int_0^t \Gamma(t-\tau) d\tau \right); \quad (8)$$

где $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$.

С учетом соотношения (8) формулируются следующие продольные, поперечные усилия и изгибающий момент подземного полимерного трубопровода:

$$N_{11}(x, t) = EF \left(\frac{\partial u}{\partial x} - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \frac{\partial u}{\partial x} d\tau \right); \quad M_z(x, t) = -EI_z \left(\frac{\partial \alpha_1}{\partial x} - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \frac{\partial \alpha_1}{\partial x} d\tau \right);$$

$$Q_{12}(x, t) = GF \left(\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \alpha_1 \right) - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \alpha_1 \right) d\tau \right). \quad (9)$$

Из вариационного уравнения (1) после выполнения соответствующих операций, с учетом взаимодействующих сил трубопровода с грунтом [3, 4], получим следующие системы дифференциальных уравнений движения подземного полимерного трубопровода с соответствующими начальными и граничными условиями:

$$\begin{aligned} & -\rho F \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + EF \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} d\tau \right) - \pi D_H k_x (u - u_{0x}) = 0 \\ & -\rho F \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} + GF \left(\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\partial \alpha_1}{\partial x} \right) - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\partial \alpha_1}{\partial x} \right) d\tau \right) + (-2p\pi D_H k_x (v - u_{0y})) = 0 \\ & -\rho I_z \frac{\partial^2 \alpha_1}{\partial t^2} + \left(EI_z \frac{\partial^2 \alpha_1}{\partial x^2} + GF \frac{\partial v}{\partial x} - GF \alpha_1 \right) - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \left(EI_z \frac{\partial^2 \alpha_1}{\partial x^2} + GF \frac{\partial v}{\partial x} - GF \alpha_1 \right) d\tau - \\ & \quad - \left(q \left(\alpha_1 - \frac{\partial u_{0y}}{\partial x} \right) \right) = 0 \end{aligned} \quad (10)$$

Естественные граничные условия для подземного трубопровода:

$$\begin{aligned} & \left[-EF \left(\frac{\partial u}{\partial x} - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \frac{\partial u}{\partial x} d\tau \right) \right] \delta u \Big|_x = 0, \quad \left[-GF \left(\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \alpha_1 \right) - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \alpha_1 \right) d\tau \right) \right] \delta v \Big|_x = 0, \\ & \left[EI_z \left(\frac{\partial \alpha_1}{\partial x} - \int_0^t \Gamma(t-\tau) \frac{\partial \alpha_1}{\partial x} d\tau \right) \right] \delta \alpha_1 \Big|_x = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

Естественные начальные условия:

$$\rho F \frac{\partial u}{\partial t} \delta u \Big|_t = 0; \quad \rho F \frac{\partial v}{\partial t} \delta v \Big|_t = 0; \quad \rho I_z \frac{\partial \alpha_1}{\partial t} \delta \alpha_1 \Big|_t = 0. \quad (12)$$

Применяем слабосингулярное трехпараметрическое ядро Ржаницына – Колтунова в выражениях (10) и (11) [2, 5, 6]

$$\Gamma(t) = \bar{A}_b e^{-\bar{\beta} t} t^{\alpha-1}, \quad 0 < \alpha < 1, \quad [\bar{\beta}] = c^{-1}, \quad [\bar{A}_b] = c^{-\alpha}. \quad (13)$$

Трехпараметрическое ядро (14) имеет слабую особенность типа Абеля. Такого вида ядра имеют слабую особенность для устранения этого используем преобразования в подынтегральном выражении согласно [6].

После некоторых преобразований получим систему дифференциальных уравнений движения, граничные и начальные условия в общем векторном виде

$$\begin{aligned} M \frac{\partial^2 Y}{\partial t^2} + A \frac{\partial^2 Y}{\partial x^2} - \frac{A_b}{\alpha} \sum_{k=1}^n B_k^b e^{-\beta t_k} A \frac{\partial^2 Y(t_n - t_k)}{\partial x^2} + B \frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{A_b}{\alpha} \sum_{k=1}^n B_k^b e^{-\beta t_k} B \frac{\partial Y(t_n - t_k)}{\partial x} + \\ + CY - \frac{A_b}{\alpha} \sum_{k=1}^n B_k^b e^{-\beta t_k} DY(t_n - t_k) = Q. \end{aligned} \quad (14)$$

Граничные условия:

$$\left[\bar{A} \frac{\partial Y}{\partial x} - \frac{A_b}{\alpha} \sum_{k=1}^n B_k^b e^{-\beta t_k} \bar{A} \frac{\partial Y(t_n - t_k)}{\partial x} + \bar{C} Y - \frac{A_b}{\alpha} \sum_{k=1}^n B_k^b e^{-\beta t_k} \bar{C} Y(t_n - t_k) \right] \delta Y \Big|_x = 0. \quad (15)$$

$$\text{Начальные условия:} \quad \frac{\partial Y}{\partial t} \delta Y \Big|_t = 0, \quad (16)$$

$$\text{где } Q = \left[\frac{l^2 b^2}{a_T^2} \bar{u}_{0x} \frac{q}{EF} \frac{\partial \bar{u}_{0z}}{\partial \bar{x}} \frac{2pl^2 b^2}{a_T^2} \bar{u}_{0z} \right]^T,$$

$Y = \{u, v, \alpha_1\}^T$, $M, A, B, C, \bar{A}, \bar{B}, \bar{C}$ – матрицы третьего порядка.

Для решения поставленной задачи используем метод конечных разностей (МКР). На базе разработанного алгоритма создано программное обеспечение для расчета подземного полимерного трубопровода при сейсмическом нагружении.

В векторе элементы вектора u_{0x}, u_{0y} представляются в следующем виде:

$$u_{0x} = u_0 \cos \alpha, \quad u_{0yz} = u_0 \sin \alpha, \quad (17)$$

где u_0 – перемещение грунта при землетрясении; α – угол воздействия волны u_0 на трубопровод.

Рассмотрим задачу на плоскости $0x$: трубопровод нагружен в плоскости xu , т.е. сейсмическое перемещение грунта происходит в вертикальной плоскости под углом к продольной оси трубопровода, при этом концы трубопровода зашпелены.

На основе алгоритма компьютерной реализации решается поставленная задача. Механические и геометрические параметры трубопровода и окружающего грунта приняты в следующем виде: $E=5 \cdot 10^3$ кГ/см²; $\delta = 0.8$ см; $R=20$ см; $T=0.2$ с; $\rho=0.94$ кГ/см³; $A=1$ см; $k_x = 0.8$ кГ/см³; $D_H=40$ см; $\omega=2\pi/T$; $Cp=100000$ см/с; $\varepsilon=0.8$; $\mu_{cp}=0.2$; $\mu_{mp}=0.3$; $A_b=0.1$; $\alpha=0.25$; $\beta=0.05$; $u_{0x}(x, t) = A \sin \omega t \cdot \cos \alpha$; $u_{0y}(x, t) = A \sin \omega t \cdot \sin \alpha$. Длина рассматриваемой трубы – 10 м, $\alpha=30^\circ$.

Получены численные результаты для перемещений и силовых факторов с учетом граничных условий. Результаты представлены в виде графиков. При расчете трубопровода на сейсмостойкость использованы варианты задания движения почвы при землетрясениях в виде синусоиды (гармонический закон).

На рис. 1 – 2 приводятся изменения продольного и поперечного перемещений полимерного трубопровода в точке $x=5\text{ м}$ по времени и по оси трубопровода при фиксированном времени. Согласно результатам задачи рис. 1 – 2, б, при $x=5\text{ м}$ и фиксированном времени перемещение (u , V) вдоль оси трубопровода почти остается постоянным, амплитуда колебаний точки при $x=5\text{ м}$ затухает очень медленно (рис. 1 – 2, а). При этом максимальные перемещения трубопровода возникают вблизи заземленных концов трубопровода. С течением времени возмущение распространяется дальше (см. рис. 1 – 2, б).

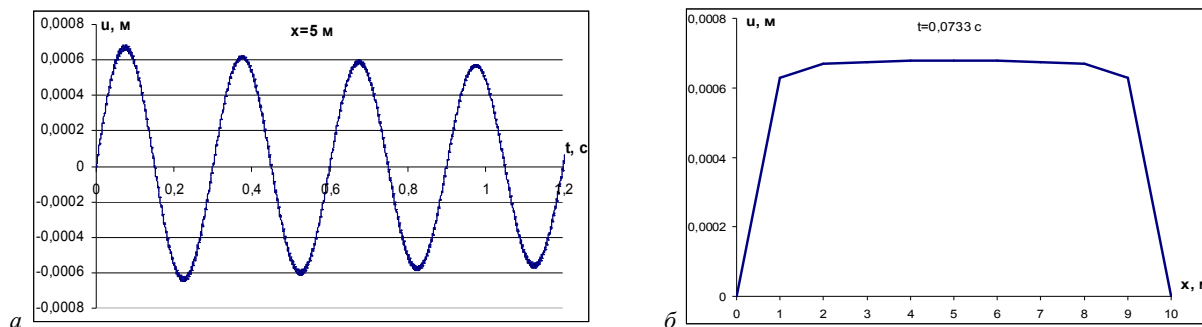


Рис. 1. Изменение продольного перемещения u трубопровода по времени на расстоянии $x=5\text{ м}$ и вдоль трубопровода при фиксированном времени при $\alpha=30^\circ$

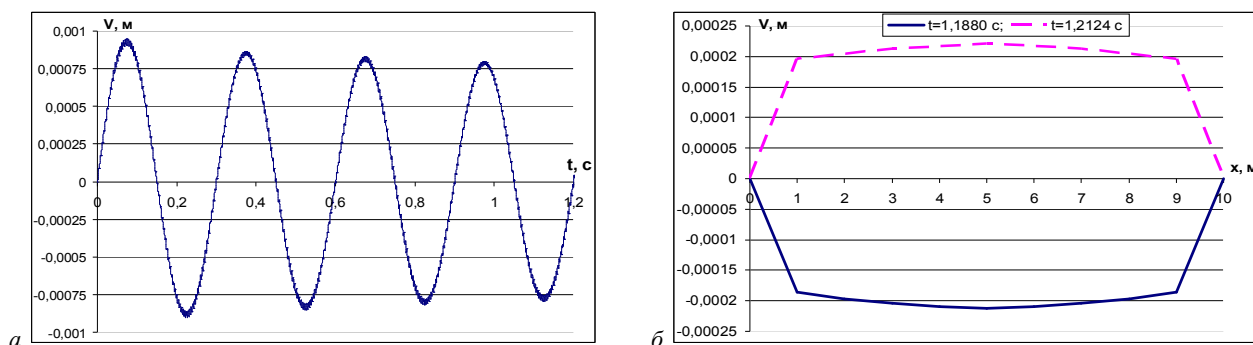


Рис. 2. Изменения значения параметров V подземного трубопровода по времени в заданных точках и вдоль трубопровода при фиксированном времени при $\alpha=30^\circ$

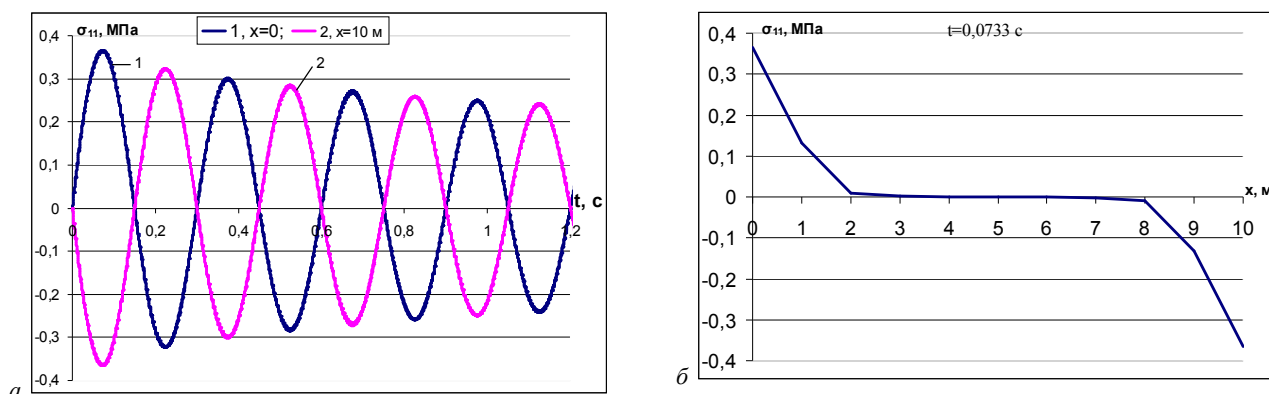


Рис.3. Изменение нормального напряжения трубопровода по времени на расстоянии $x=0$, $x=10\text{ м}$ и вдоль трубопровода при фиксированном времени при $\alpha=30^\circ$

Представлены графики изменения продольного напряжения (рис. 3, а, б), касательного напряжения (рис. 4, а, б) в трубопроводе от времени на заземленном конце и вдоль оси трубопровода при заданном времени. Из графиков следует явное гашение колебаний полимерного трубопровода с течением времени (рис. 3 – 4, а). При этом концентрация нормального напряжения (рис. 3 – 4, б) происходит на заземленных концах трубопровода.

На правом заземленном конце трубопровода гашение происходит быстрее, чем на левом заземленном конце (см. рис. 4, а). Это объясняется учетом вязкости материала трубопровода. Рассмотренные напряжения (нормальное, касательное) достигают максимального значения на заземленных концах трубопровода (см. рис. 3 – 4, б).

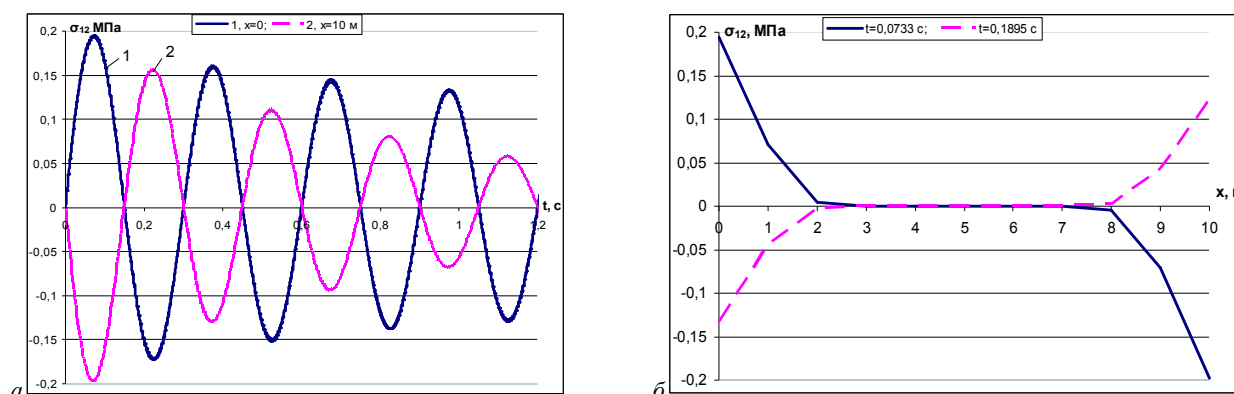


Рис. 4. Изменение касательного напряжения трубопровода по времени на расстоянии $x=0$, $x=10$ м и вдоль трубопровода в заданное время при $\alpha=30^\circ$

Таким образом, выведена система уравнений колебания подземного полимерного трубопровода на основе вариационного принципа Гамильтона – Остроградского при произвольном направлении сейсмического воздействия при учете взаимодействия трубопровода с окружающей средой и исследовано НДС полимерного трубопровода при воздействии сейсмической нагрузки.

В дальнейшем предстоит более глубокий анализ поведения полимерных трубопроводов по результатам расчета и фактическим данным произошедших землетрясений в странах дальнего и ближнего зарубежья.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кабулов В.К. Алгоритмизация в теории упругости и деформационной пластичности. Ташкент: Фан, 1966. – 386 с.
- [2] Ильюшин А.А., Победря Б.Е. Основы математической теории термовязкоупругости. М.: Наука, 1970. – 280 с.
- [3] Рашидов Т.Р. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений. Ташкент: Фан, 1973. – 180 с.
- [4] Рашидов Т.Р., Хожметов Г.Х. Сейсмостойкость подземных трубопроводов. Ташкент: Фан, 1985. – 153 с.
- [5] Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. М.: Высшая школа, 1979. – 272 с.
- [6] Бадалов Ф.Б. Методы решения интегральных и интегро-дифференциальных уравнений наследственной теории вязкоупругости. Ташкент: Мехнат, 1987. – 272 с.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Дата поступления
10.03.2016

Н.А. Нишонов. Сеймик кучлар таъсиридаги эластик қувуриқоқ ер ости қувурларини динамик ҳолати

Мақолада Гамильтон – Остроградский вариацион принципи асосида қувурнинг грунт билан ўзаротаъсирини ҳисобга олиб, ер ости полимер қувурлари тебранишининг тенгламалар системаси келтириб чиқарилган. Ер ости полимер қувурининг учлари қотириб маҳкамланган, гармоник юкланишдаги масаласи қўрилган ва чекли айирмалар усули билан ечилган. Ихтиёрий йўналишдаги сеймик юкланиш таъсиридаги полимер қувурининг кучланганлик деформация ҳолати аниқланган.

N.A. Nishonov. Dynamic behavior of underground viscoelastic pipeline under seismic actions

In this article, a system of equations of the underground pipeline of oscillations polymer based on the variational principle of Hamilton - Ostrogradskiy with interaction pipeline and soil. The problem of polymer underground pipeline with fixed ends under harmonic loading, and solved by the method of finite differences. Determined mode of deformation polymer pipeline under seismic loads act in an arbitrary direction.

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ УПРОЩЕНИЯ ЗАДАЧ СЕЙСМОДИНАМИКИ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Протяженные сооружения–трубопроводы, тоннели, мосты, фундаменты протяженных зданий и др. – во время землетрясений ведут себя различным образом по сравнению с высотными сооружениями – зданиями, башнями и поэтому первые, кроме инерционных сил, испытывают также силы, вызванные деформацией грунта.

Основа учета сил, действующих на протяженные сооружения при землетрясении, вызванные деформацией грунта, на наш взгляд, впервые предложена в работе [1] в предположении о взаимном смещении подземного трубопровода относительно грунта за счет разности их перемещения. При этом уравнение движения подземного трубопровода записано в виде [2]

$$-\rho F \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + EF \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \pi D_H k_x (u - u_0) = 0, \quad (1)$$

где E, F и D_H – соответственно модуль упругости материала трубопровода, площадь его поперечного сечения и наружный диаметр трубы; k_x – коэффициент равномерного сдвига трубопровода относительно грунта аналогично относительному перемещению фундамента относительно основания и ленточного фундамента относительно продольной оси [3]; ρ – плотность; u – абсолютное перемещение трубы; u_0 – закон движения грунта вдоль продольной оси трубопровода.

В дальнейшем эта работа завершилась созданием динамической теории сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений [4]. При этом рассматриваются упруго-вязкие, упруго-пластические свойства грунта в контакте с трубой, различные случаи закрепления концов трубопровода (бесконечные, конечные, жесткие и упругие закрепления). Позже аналогичный подход при исследовании сейсмостойкости протяженных подземных сооружений в различных вариантах применен в работах зарубежных исследователей, которые подробно описаны в [5], где приведены ссылки на 29 литератур. Следует отметить, что практически все наши публикации были на русском языке и большинство из них носило региональный характер. Возможно, это явилось причиной отсутствия ссылок на наши работы.

Анализ теоретических и экспериментальных исследований [1 – 6] показывает, что сейсмостойкость подземных сооружений существенным образом зависит от их взаимодействия с грунтом [6].

Следовательно, в некоторых случаях основную роль могут сыграть силы, вызванные деформацией грунта при землетрясении, а не инерционные. Между тем необходимо отметить, что для надземных сооружений ведущую роль играют инерционные силы, а для подземных сооружений эти силы в отдельных случаях незначительны.

В работе [4] рассмотрено действие сейсмической волны на подземный трубопровод, где уравнение движения трубы в грунте записано в виде

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a_T^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + p^2 (u - u_0). \quad (2)$$

Здесь $a_T = \frac{B_{np}}{\rho_{np} F}$, $p^2 = \frac{\pi D_H k_x}{\rho_{np} F}$; где B_{np}, ρ_{np}, F – приведенные жесткость и масса едини-

цы длины трубы.

Покажем, что в ряде случаев с достаточной точностью можно упростить решение задачи сейсמודинамики подземных трубопроводов. Для этого уравнение (2) запишем в виде

$$\frac{\partial^2 (\tilde{u} + u_0)}{\partial t^2} = a_T^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + p^2 (u - u_0), \quad (3)$$

где $\tilde{u}$ – перемещение трубопровода относительно грунта.

Для оценки влияния инерционной силы $\frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial t^2}$ рассмотрим вместо (2) решение следующего уравнения:

$$a_T^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \mp p^2 (u - u_0) = \frac{\partial^2 u_0}{\partial t^2}, \quad (4)$$

Согласно [4], полагая $u = u(y)$, $N = -B_{np} \frac{du}{dy}$ (N – растягивающая сила, $y = C_p t - x$), из (4) получим

$$\frac{d^2 u}{dy^2} \mp \alpha^2 u = f(y), \quad \frac{d^2 N}{dy^2} \mp \alpha^2 N = F(y), \quad (5)$$

где

$$f(y) = M^2 \frac{d^2 u_0}{dy^2} \mp \alpha^2 u_0, \quad F(y) = M^2 \frac{d^2 N_0}{dy^2} \mp \alpha^2 N_0, \quad (6)$$

$$M = \frac{C_p}{a_T}, \quad N_0 = -B_{np} \frac{du_0}{dy}, \quad \alpha = \lambda \sqrt{\pm(1 - M^2)}, \quad \frac{1}{\lambda} = \frac{a_T}{p} \sqrt{\pm(1 - M^2)},$$

C_p и a_T – скорость распространения волны в грунте и трубе.

В работах [4, 6] по результатам многочисленных экспериментов обоснована возможность случая $M > 1$.

В формулах (5) и (6) верхний знак относится к случаю $M < 1$, нижний – к $M > 1$.

Выбирая закон движения грунта в виде

$$u_0 = \begin{cases} 0, & y < 0, \\ a_0 \sin \omega_1 y, & y \geq 0, \quad (\omega_1 = \frac{\omega}{C_p}) \end{cases} \quad (7)$$

и представляя решения (5) как в работе [3], получим при $M > 1$

$$u = \frac{a_0 \alpha}{\alpha^2 - \omega_1^2} \left(1 - \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right) (\alpha \sin \omega_1 y - \omega_1 \sin \alpha y), \quad (8)$$

$$n'_\partial = \frac{N}{N_{0\max}} = \frac{2\alpha^2}{\alpha^2 - \omega_1^2} \sin \frac{\alpha - \omega_1}{2} y \cdot \sin \frac{\alpha + \omega_1}{2} y \left(1 - \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right), \quad N_{0\max} = a_0 \omega_1 B_{np},$$

при $M < 1$ для $y \geq 0$

$$u = \frac{a_0 \alpha}{\alpha^2 + \omega_1^2} \left(1 + \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right) \left(\alpha \sin \omega_1 y + \frac{\omega_1}{2} e^{-\alpha y} \right), \quad (9)$$

$$n'_\partial = \frac{N}{N_{0\max}} = \frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \omega_1^2} \left(\cos \omega_1 y - \frac{\omega_1}{2} e^{-\alpha y} \right) \left(1 + \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right).$$

В (8) и (9) n'_∂ – динамический коэффициент.

При учете инерционной силы динамический коэффициент, согласно [4], имеет следующий вид:

при $M > 1$

$$n_\partial = \frac{2\lambda^2}{\lambda^2 - \omega_1^2} \sin \frac{\lambda - \omega_1}{2} y \cdot \sin \frac{\lambda + \omega_1}{2} y,$$

при $M < 1$, $y \geq 0$

$$n_o = \frac{\lambda^2}{\lambda^2 + \omega_1^2} \left(\cos \omega_1 y - \frac{\omega_1}{2} e^{-\lambda y} \right). \quad (10)$$

Сравнение выражений для определения динамического коэффициента показывает их отличие между собой параметрами α , λ и дополнительным членом $\left(1 \mp \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right)$. Эти параметры связаны между собой определенным образом и изменяются в определенных пределах для тех или иных рассматриваемых задач сейсмостойкости подземных сооружений.

Для оценки ошибки, допускаемой при неучете инерционной силы, необходимо знать пределы изменения параметров, входящих в (8), (9), (10), и зависимости между ними.

Как видно из (6), параметр λ изменяется в пределах $\frac{P}{a_T} \leq \lambda \leq \infty$, а бесконечным может быть лишь в случае $M=1$. Скорость распространения волн в трубе зависит от приведенной жесткости трубы [2]

$$B_{np} = \frac{B}{1 + \frac{B}{K_N l_i}},$$

где B – жесткость трубы на растяжение; K_N – коэффициент податливости стыка трубопровода; l_i – длина трубопровода.

Экспериментальное изучение коэффициента податливости стыка K_N [6] показывает, что значение a_T для существующих подземных трубопроводов с учетом их стыковки изменяется в пределах (500 – 5000) м/с. Для часто встречающихся грунтов в сейсмических районах скорость распространения продольных волн (C_p) можно принять в пределах (100 – 5000) м/с. Следовательно, число $M = \frac{C_p}{a_T}$ будет изменяться в пределах (0.02 – 10).

Параметр $\omega_1 = \frac{\omega}{C_p} = \frac{2\pi}{C_p T} = \frac{2\pi}{L}$ зависит от длины волны. Для принятого предела C_p , если полагать, что период колебаний грунта T меняется в пределах (0.1 – 1 с), можно принять значение (10 – 5000) м. Следовательно, ω_1 примет значение $(0.63 - 1.45 \cdot 10^{-3}) \text{ м}^{-1}$.

Так как значение α зависит от $p^2 = \frac{\pi D_H k_x}{\rho_{np} F}$, определим пределы изменения p . Коэффициент k_x зависит от различных факторов и может меняться для подземных сооружений приблизительно в пределах (0.5 – 10) 103 кН/м³ [6].

При принятых значениях k_x параметр p^2 для существующих видов подземных трубопроводов может меняться в пределах (104 – 107) с, а параметр $\alpha = \frac{P}{a_T} \cong (0.02 - 6.3) \text{ м}^{-1}$.

Сравнение значений α , λ с ω_1 показывает, что могут быть случаи

$$\omega_1 \ll \alpha, \omega_1 \ll \lambda, \omega_1 \approx \alpha, \omega_1 \approx \lambda, \omega_1 > \alpha, \omega_1 > \lambda.$$

Во всех случаях, когда $\omega_1 \ll \lambda$ и $\omega_1 \ll \alpha$, из (8), (9) и (10) получим

$$n_o \cong \left(1 - \frac{1}{2} e^{-\lambda y} \right), n'_o \cong \left(1 - \frac{1}{2} e^{-\alpha y} \right) \left(1 + \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right), \quad (11)$$

при $M < 1$

$$n_o \approx 1 - \cos \lambda y, n'_o \cong (1 - \cos \alpha y) \left(1 - \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right), \quad (12)$$

при $M > 1$, и ошибка δ будет порядка $\delta \approx 0 \left(\pm \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right)$.

При $\omega_1 \approx \alpha$ и $\omega_1 \approx \lambda$ ошибка зависит от ω_1 , M и α , значения которых при оценке должны строго выбираться в зависимости от грунтовых условий, конструктивных особенностей сооружений, периода колебаний грунта и т.д. При значениях параметров, приведенных выше, оценим допускаемую ошибку.

Пусть $C_p = 100$ м/с. Тогда $\omega_1 = \frac{2\pi}{L} = (0.063 - 0.63)$ м⁻¹. Так как $a_T = (500 - 5000)$ м/с, то число $M = \frac{C_p}{a_T}$ может изменяться в пределах $0.02 - 0.2$ и ошибка будет

$$\delta = \frac{n'_o - n_o}{n_o} = \frac{\frac{\alpha^2}{\alpha^2 + \omega_1^2} \left(1 + \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right) \left(\cos \omega_1 y - \frac{1}{2} e^{-\omega y} \right)}{\frac{\lambda^2}{\lambda^2 + \omega_1^2} \left(\cos \omega_1 y - \frac{1}{2} e^{-\omega y} \right)} - 1. \quad (13)$$

Если учесть, что при $M = 0.2$; $\lambda = \frac{\alpha}{1 - M^2} = 1.06\alpha$, то (13) можно записать как

$$\delta \approx \frac{\alpha^2 (\lambda^2 + \omega_1^2)}{\lambda^2 (\alpha^2 + \omega_1^2)} \left(1 + \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right) - 1 \approx \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2. \quad (14)$$

При $M = 0.02$ $a_T = 5000$ м/с, $\alpha = (0.02 - 0.628)$ м⁻¹, $\frac{\omega_1}{\alpha} = (0.1 - 31.4)$, а при $M = 0.2$, $\frac{\omega_1}{\alpha} = (0.01 - 3.14)$.

Предположим, что допустима ошибка порядка 10 %, т.е. $\delta = 0.1$. Тогда из (14) получим при $M = 0.02$ $\frac{\omega_1}{\alpha} = 15.8$, при $M = 0.1$ $\frac{\omega_1}{\alpha} = 3.1$ и при $M = 0.2$ $\frac{\omega_1}{\alpha} = 1.58$.

Рассмотрим теперь область изменения числа M при $C_p = 1000$ м/с. При этом $\omega_1 = (0.00628 - 0.0628)$ м⁻¹, $M = 0.2 - 2$. Если $M = 0.2$, то $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.01 - 3.14$ и оценка будет как и выше.

При $M = 0.4$ $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.005 - 1.57$, $\lambda = 1.08\alpha \approx \alpha$ и в этом случае, если положить $\delta = 0.1$, то $\frac{\omega_1}{\alpha} = 1.15$, т.е. при $\frac{\omega_1}{\alpha} = 1.15$ ошибка будет 10%.

В случае $M = 0.6$ $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.00134 - 1$, $\lambda = 1.25\alpha$ и ошибка, подсчитанная по формуле (14) при $\frac{\omega_1}{\alpha} = 1$, менее 1 %.

Допустим $M = 0.95$, тогда $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.0021 - 0.63$, $\lambda = 10\alpha$. Ошибка при $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.63$, менее 10%.

Для оценки ошибки при $M > 1$ коэффициентов динамичности запишем в виде

$$n_{\delta} = \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \omega_1^2} (\cos \omega_1 y - \cos \lambda y) = A(\cos \omega_1 y - \cos \lambda y),$$

$$n'_{\delta} \cong \frac{\alpha^2}{\alpha^2 - \omega_1^2} \left(1 - \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right) (\cos \omega_1 y - \cos \alpha y) = B(\cos \omega_1 y - \cos \alpha y). \quad (15)$$

Из (15) видно, что в обоих случаях максимальные значения коэффициентов динамичности могут быть соответственно $\pm 2A$ и $\pm 2B$. Отличие будет лишь в том, что максимальные напряжения будут возникать в различных сечениях удаленных от фронта волны, т.е. $n_{\delta \max}$ в сечениях, удаленных от фронта на расстояние $y = \frac{\pi}{\lambda}; \frac{3\pi}{\lambda}; \dots$ и т.д., а $n'_{\delta \max}$ при $y = \frac{\pi}{\alpha}; \frac{3\pi}{\alpha}; \dots$ и т.д. Так как нас интересует ошибка, допускаемая при максимальных значениях напряжений, то для оценки будем пользоваться выражением

$$\delta = \frac{n'_{\delta} - n_{\delta}}{n_{\delta}} = \frac{\alpha^2 (\lambda^2 - \omega_1^2) \left(1 + \frac{\omega_1^2}{\alpha^2} M^2 \right)}{\lambda^2 (\lambda^2 - \omega_1^2)} - 1. \quad (16)$$

Если $M=1.05$, то $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.0019 - 0.6$, $\lambda = \frac{\alpha}{10}$ и ошибка δ по (16) при $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.6$ будет менее 10%.

При $M=1.43$ $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.45 - 0.0015$, $\lambda \approx \alpha$ и ошибка $\delta=0.1$ при $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.223$.

При $M=2$ $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.001 - 0.315$, $\lambda = \frac{\alpha}{3}$. В этом случае ошибка $\delta=0.1$ будет при $\frac{\omega_1}{\alpha} = 0.128$.

Для случаев $M > 2$ ошибка подсчитывается подбором различных значений C_p . Подсчитанные таким образом ошибки при $0.1 \leq M \leq 10$ в зависимости от $\frac{\omega_1}{\alpha}$ показывают, что максимальная ошибка при неучете инерционной силы может быть 10 % и менее.

На основе сделанного анализа можно полагать, что среди основных факторов, влияющих на сейсмостойкость подземных протяженных сооружений, наиболее существенными являются грунтовые условия, и в некоторых случаях силы инерции, вызванные за счет перемещения трубопровода относительно грунта, можно не учитывать.

Следовательно, экспериментальное изучение физической природы взаимодействия сооружений с грунтом является одним из основных вопросов сейсмостойкости подземных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рашидов Т.Р. Исследование условий работы подземных трубопроводов при землетрясениях // Изв. АН РУз. 1962. №5. С. 44 – 52.
- [2] Рашидов Т.Р. Дифференциальное уравнение колебания подземного трубопровода при землетрясении // ДАН АН РУз. 1962. №9. С. 10 – 12.
- [3] Баркан Д.Д. Динамика оснований и фундаментов. М.: Стройвоенмориздат, 1948. – 412 с.
- [4] Рашидов Т.Р. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений. Ташкент: Фан, 1973. – 180 с.
- [5] Virginia Corrado, Berardino D'Acunto, Nicola Fontana, Maurizio Giugni. Inertial Effects on Finite Length Pipe Seismic Response // Mathematical Problems In Engineering. January. Vol. 2012. P. 14.
- [6] Рашидов Т.Р., Хожметов Г.Х. Сейсмостойкость подземных трубопроводов. Ташкент, 1985. – 153 с.

Т.Р. Рашидов, Г.Х. Хожметов, Д.А. Бекмирзаев, Р.Б. Хусайнов. Ер ости инишоотлари сейсморинамикаси масалаларини соддалаштиришининг бир усули

Мақолада стационар сейсмик куч таъсиридаги ер ости қувири таҳлил этилган. Натижалардан кўринадик, қувирилариинг сейсмик мустаҳкамлигини аниқловчи бир қатор омиллар ичида, грунтнинг кўчиши муҳим экани кўрсатилган.

T.R. Rashidov, G.X. Hojmetov, D.A. Bekmirzaev, R.B. Xusainov. On a Method of Simplifying the Problem of Seismodynamics of Underground Structures

In analyzing the effect of stationary seismic waves on the underground pipeline shows that in some cases the main factor determining their earthquake resistance is a movement of soil.

УДК 539.3

М.К. УСАРОВ

ДИНАМИЧЕСКИЙ ИЗГИБ ШАРНИРНО-ОПЕРТОЙ ПЛАСТИНЫ С УЧЕТОМ БИМОМЕНТОВ

Бимоментная теория изгиба и колебаний толстых пластин, предложенная в работах [1, 2], в отличие от традиционных теорий учитывает нелинейность закона распределения деформации и напряжений, и, как показано, обладает высокой точностью. Бимоментная теория пластины описывается двумя несвязанными двумерными системами уравнений движений по девять уравнений в каждой и составляет две независимые задачи. Первая задача – растяжение-сжатие пластины с учетом поперечного обжатия, а вторая – ее поперечно изгибно-сдвиговые колебания.

Отметим, что в [1 – 3] выполнены расчеты толстых пластин с учетом бимоментов под действием распределенной по синусоидальному закону статической нагрузки. Точные решения поставленной задачи изгиба толстых пластин осуществлены с использованием тригонометрических функций.

В статье приводятся результаты динамического расчета толстой пластины, находящейся под действием распределенной по ее верхней лицевой поверхности по синусоидальному закону динамической нагрузки в виде

$$q_3 = \begin{cases} 0, & \text{при } t \leq 0; \\ -q_0 \sin \frac{\pi x_1}{a} \sin \frac{\pi x_2}{b}, & \text{при } t > 0. \end{cases} \quad (1)$$

где q_0 – параметр внешней нагрузки.

Рассмотрим колебания толстых шарнирно опертых пластин. В качестве уравнения движения воспользуемся уравнениями бимоментной теории пластин, приведенными в [1, 2], и всеми обозначениями и выражениями для определения силовых факторов. Запишем граничные условия данной математической задачи. Пусть края пластины $x_1=0$, $x_1=a$ и $x_2=0$, $x_2=b$ оперты и отсутствуют перемещения по направлению к касательному контуру. Граничные условия на крае $x_1=0$, $x_1=a$ имеют следующий вид:

$$N_{11} = 0, \quad T_{11} = 0, \quad \bar{\sigma}_{11} = 0; \quad \bar{\psi}_2 = 0, \quad \bar{u}_2 = 0, \quad \bar{\beta}_2 = 0, \quad \bar{r} = 0, \quad \bar{\gamma} = 0, \quad \bar{W} = 0, \quad (2, a)$$

$$M_{11} = 0, \quad P_{11} = 0, \quad \tilde{\sigma}_{11} = 0; \quad \tilde{\psi}_2 = 0, \quad \tilde{u}_2 = 0, \quad \tilde{\beta}_2 = 0, \quad \tilde{r} = 0, \quad \tilde{\gamma} = 0, \quad \tilde{W} = 0. \quad (2, б)$$

Граничные условия на крае $x_2=0$, $x_2=b$ имеют вид

$$N_{22} = 0, \quad T_{22} = 0, \quad \bar{\sigma}_{22} = 0; \quad \bar{\psi}_1 = 0, \quad \bar{u}_1 = 0, \quad \bar{\beta}_1 = 0, \quad \bar{r} = 0, \quad \bar{\gamma} = 0, \quad \bar{W} = 0. \quad (3, a)$$

$$M_{22} = 0, \quad P_{22} = 0, \quad \tilde{\sigma}_{22} = 0; \quad \tilde{\psi}_1 = 0, \quad \tilde{u}_1 = 0, \quad \tilde{\beta}_1 = 0, \quad \tilde{r} = 0, \quad \tilde{\gamma} = 0, \quad \tilde{W} = 0. \quad (3, б)$$

Обобщенные перемещения пластины первой задачи, удовлетворяющие граничным условиям (2.а) и (3.а), представим в виде

$$\begin{aligned} \bar{\psi}_1 &= f_1(x_1, x_2) \bar{\eta}_1(t), \quad \bar{\psi}_2 = f_2(x_1, x_2) \bar{\eta}_2(t), \quad \bar{r} = f_3(x_1, x_2) \bar{\eta}_3(t), \\ \bar{\beta}_1 &= f_4(x_1, x_2) \bar{\eta}_4(t), \quad \bar{\beta}_2 = f_5(x_1, x_2) \bar{\eta}_5(t), \quad \bar{\gamma} = f_6(x_1, x_2) \bar{\eta}_6(t), \end{aligned} \quad (4)$$

$$\bar{u}_1 = f_1(x_1, x_2) \bar{\eta}_7(t), \quad \bar{u}_2 = f_2(x_1, x_2) \bar{\eta}_8(t), \quad \bar{W} = f_3(x_1, x_2) \bar{\eta}_9(t).$$

Координатные функции для шарнирно опертых пластин имеют вид

$$f_1(x_1, x_2) = \cos\left(\frac{\pi x_1}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi x_2}{b}\right), \quad f_2(x_1, x_2) = \sin\left(\frac{\pi x_1}{a}\right) \cos\left(\frac{\pi x_2}{b}\right), \quad f_3(x_1, x_2) = \sin\left(\frac{\pi x_1}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi x_2}{b}\right).$$

Обобщенные перемещения пластины второй задачи, удовлетворяющие граничным условиям (2.6) и (3.6), запишутся в виде

$$\begin{aligned} \tilde{u}_1 &= f_1(x_1, x_2) \tilde{\eta}_1(t), \quad \tilde{u}_2 = f_2(x_1, x_2) \tilde{\eta}_2(t), \quad \tilde{r} = f_3(x_1, x_2) \tilde{\eta}_3(t), \\ \tilde{\beta}_1 &= f_1(x_1, x_2) \tilde{\eta}_4(t), \quad \tilde{\beta}_2 = f_2(x_1, x_2) \tilde{\eta}_5(t), \quad \tilde{\gamma} = f_3(x_1, x_2) \tilde{\eta}_6(t), \\ \tilde{u}_1 &= f_1(x_1, x_2) \tilde{\eta}_7(t), \quad \tilde{u}_2 = f_2(x_1, x_2) \tilde{\eta}_8(t), \quad \tilde{W} = f_3(x_1, x_2) \tilde{\eta}_9(t). \end{aligned} \quad (5)$$

После разделения переменных получим две системы обыкновенных дифференциальных уравнений движения пластины относительно функции времени $\bar{\eta}_1(t), \bar{\eta}_2(t), \dots, \bar{\eta}_9(t)$ и $\tilde{\eta}_1(t), \tilde{\eta}_2(t), \dots, \tilde{\eta}_9(t)$ для первой и второй задач соответственно, которые решены по явной схеме метода конечных разностей при нулевых начальных условиях.

Анализ численных результатов. Расчеты выполнены для квадратной ортотропной пластины с размерами в плане $a = b = 5H$. Упругие характеристики материала пластины СВМ 15:1 следующие: модули упругости: $E_1 = 4.6 \cdot 10^5$ кг/см², $E_2 = 1.6 \cdot 10^5$ кг/см², $E_3 = 1.12 \cdot 10^5$ кг/см², модули сдвига: $G_{12} = 0.56 \cdot 10^5$ кг/см², $G_{13} = 0.33 \cdot 10^5$ кг/см², $G_{23} = 0.43 \cdot 10^5$ кг/см², коэффициенты Пуассона: $\nu_{21} = 0.27$, $\nu_{31} = 0.3$, $\nu_{23} = 0.07$.

Отметим, что решениями первой и второй задачи определяются значения перемещений и напряжений верхнего и нижнего слоев, определяемых по формулам [1 – 3]

$$\begin{aligned} u_i^{(-)} &= \bar{u}_i - \tilde{u}_i, \quad u_i^{(+)} = \bar{u}_i + \tilde{u}_i, \quad (i = 1, 2), \quad u_3^{(-)} = \tilde{W} - \bar{W}, \quad u_3^{(+)} = \tilde{W} + \bar{W} \\ \sigma_{ij}^{(-)} &= \bar{\sigma}_{ij} - \tilde{\sigma}_{ij}, \quad \sigma_{ij}^{(+)} = \bar{\sigma}_{ij} + \tilde{\sigma}_{ij}, \quad (i, j = 1, 2). \end{aligned}$$

Отметим, что максимальные значения нормальных перемещений и нормальных напряжений верхнего и нижнего слоев, продольных сил, изгибающих моментов и бимоментов получились равными в точке пластины $x_1 = a/2, y_1 = b/2$.

На рис. 1 приведены графики изменения безразмерных значений нормальных перемещений $W_{\text{ниж}}^{(-)} = \frac{E_0 W^{(-)}}{H q_0}$, $W_{\text{верх}}^{(+)} = \frac{E_0 W^{(+)}}{H q_0}$ верхнего и нижнего слоев пластины по безразмерному времени $\tau = ct/a$, где $c = E_1/\rho$. Максимальные безразмерные нормальные перемещения верхнего и нижнего слоев пластины получились равными $W_{\text{верх}}^{(-)} = 25.124$, $W_{\text{ниж}}^{(+)} = 24.657$.

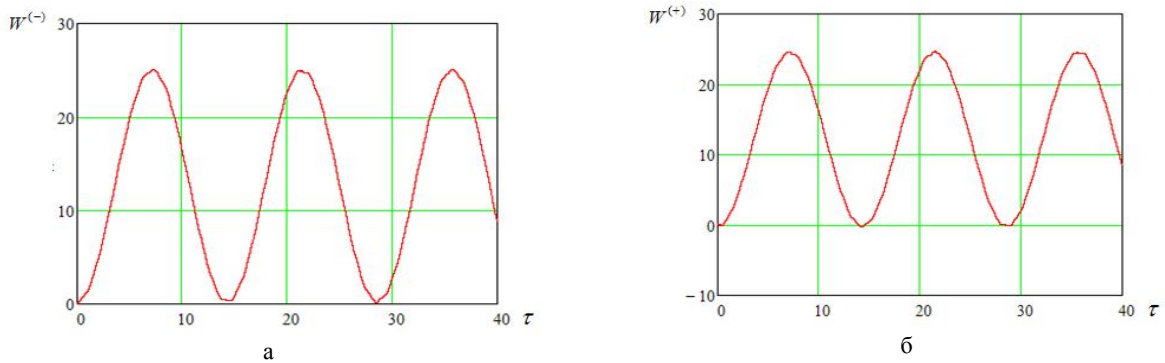


Рис. 1. График изменения перемещений верхнего и нижнего слоев $W_{\text{верх}}^{(-)}$ (а) и $W_{\text{верх}}^{(+)}$ (б)

На рис. 2 приведены графики изменения безразмерных значений напряжения пластины по безразмерному времени. Максимальные значения напряжения верхнего и нижнего слоев полу-

чились равными $\sigma_{11}^{(-)} = -16.970q_0$, $\sigma_{11}^{(+)} = 16.746q_0$.

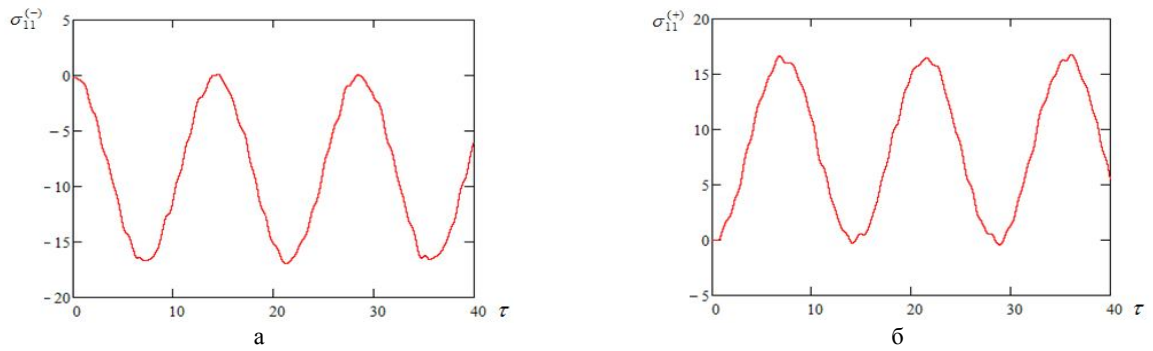


Рис. 2. График изменения нормального напряжения σ_{11} верхнего (а) и нижнего (б) слоев

На рис. 3. приведены графики изменения безразмерных значений напряжения пластины по безразмерному времени. Максимальные значения нормального напряжения верхнего и нижнего слоев получились равными $\sigma_{22}^{(-)} = -8.507q_0$ и $\sigma_{22}^{(+)} = 8.4986q_0$.

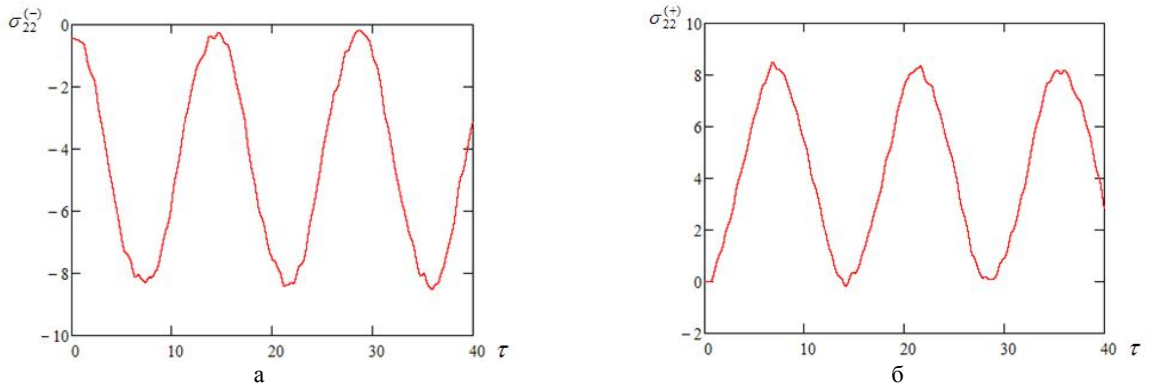


Рис. 3. График изменения нормальных напряжений $\sigma_{22}^{(-)}$ (а) и $\sigma_{22}^{(+)}$ (б) нижнего слоя

В расчетах максимальные безразмерные значения продольных усилий получились равными $n_{22} = \frac{N_{22}}{H} = -0.353$, $n_{11} = \frac{N_{11}}{H} = -0.411$. При этом максимальное значение n_{22} получилось больше. Максимальные безразмерные значения бимоментов при растяжении получились равными $t_{11} = \frac{T_{11}}{q_0 H} = -0.173$, $t_{22} = \frac{T_{22}}{q_0 H} = -0.141$. А здесь максимальное значение t_{22} получилось больше. На рис. 4 приведены графики изменения безразмерных значений продольного усилия и бимомента $n_{11} = \frac{N_{11}}{q_0 H}$ и $t_{11} = \frac{T_{11}}{q_0 H}$.

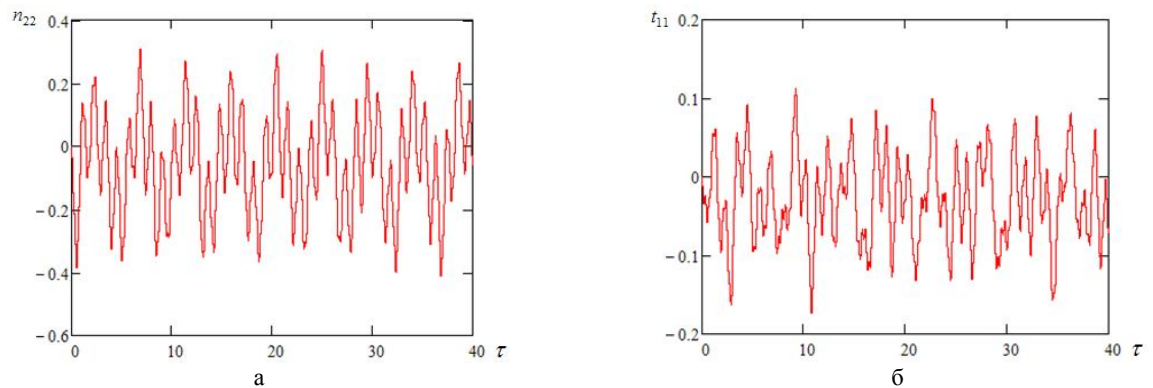


Рис. 4. График изменения безразмерного усилия n_{22} (а) и безразмерного бимомента t_{11} (б)

Максимальные безразмерные значения момента получились равными $m_{11} = \frac{2M_{11}}{q_0 H^2} = 5.043$ и $m_{22} = \frac{2M_{22}}{q_0 H^2} = 2.725$. Максимальные безразмерные значения бимоментов при изгибе получились равными $p_{11} = \frac{2P_{11}}{q_0 H^2} = 3.110$ и $p_{22} = \frac{2P_{22}}{q_0 H^2} = 1.642$.

На рис. 5 приведен график изменения безразмерных значений изгибающего момента m_{11} и p_{11} .

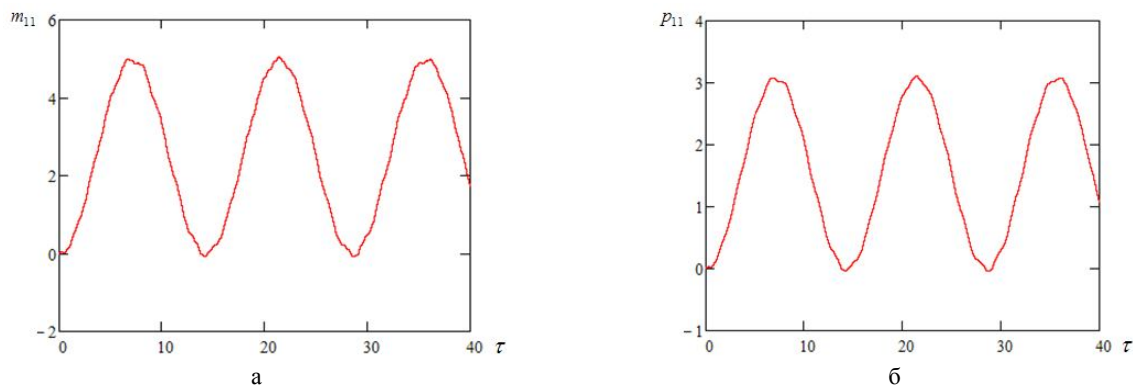


Рис. 5. График изменения изгибающего момента m_{11} (а) и бимомента p_{11} (б) во времени

На рис. 6 приведены графики изменения безразмерных значений перерезывающей силы $m_{13} = \frac{Q_{13}}{q_0 H}$, $m_{23} = \frac{Q_{23}}{q_0 H}$. Максимальные безразмерные значения момента получились равными $m_{13} = 1.970$, $m_{23} = 1.226$.

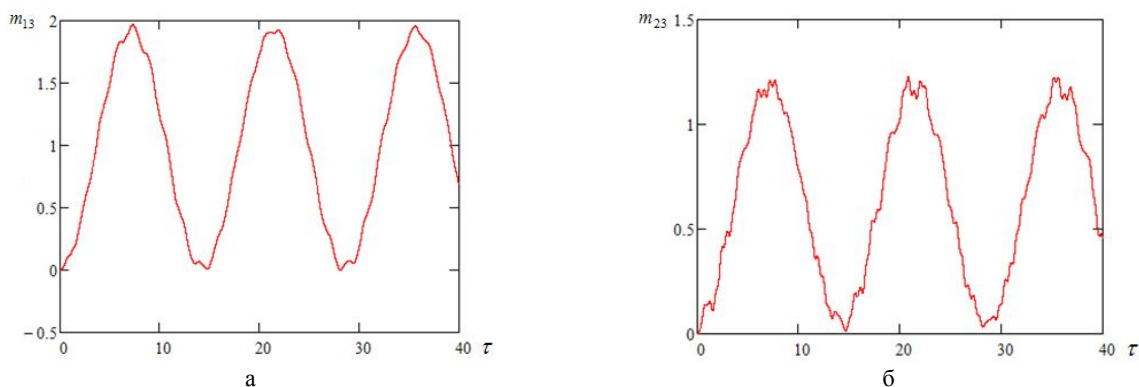


Рис. 6. График изменения безразмерных перерезывающих сил m_{13} (а) и m_{23} (б)

В расчетах устойчивость итерации по безразмерному времени обеспечена по явной схеме при шаге $\Delta\tau=0.002$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] У с а р о в М. К. Бимоментная теория изгиба и колебания толстых ортотропных пластин // Вестник Национального университета Республики Узбекистан. 2014. № 2/1. С. 127 – 132.
- [2] У с а р о в М. К. Изгиб ортотропных пластин с учетом бимоментов // Инженерно-строительный журнал. Спб., 2015. № 1 (53). С. 80 – 90.
- [3] У с а р о в М. К. Динамический изгиб шарнирно-опертой пластины // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент, 2015. № 3 – 4. С. 12 – 16.

М.К. Усаров. Шарнирли маҳкамланган пластинанинг бимоментларни ҳисобга олган ҳолдаги динамик эгилиши

Мақола қалин пластинкаларнинг ички кучлар, моментлар ва бимоментларни ҳисобга олган ҳолдаги эгилиши динамик масаласининг ечилишига бағишланади. Пластинида ҳосил бўладиган кўчишлар, кучланишлар, кучлар, моментлар ва бимоментларнинг вақт бўйича ўзгариши графиклари қурилган.

M.K. Usarov . Dynamic bending of hinge-supported plate with bimoments

This article is devoted to the problem of vibrations of orthotropic thick plates based bimomentnoy theory. The graphs in the movement of time, stress, forces, moments, and bimoment arising in the plate.

УДК 53-073

А.М. ХАДЖИБАЕВ

О ПРОСТРАНСТВЕ, КАК ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Как известно, физика, являясь наукой о природе, зиждется на таких фундаментальных категориях, как пространство, энергия, масса и время, без которых невозможно построить ни одну теорию либо положение. Несмотря на то, что современная физика достигла колоссальных успехов в своем развитии и буквально преобразовывает природу, споры ученых о сути перечисленных категорий все еще продолжают [1, 2].

Безусловно, что среди указанных фундаментальных категорий главенствующее место занимает «пространство», ибо все, что существует как физическая реальность (ФР), находится в пространстве. Общеизвестно, что до конца XIX столетия в течение более трех тысячелетий в науке господствовало мнение о некой сплошной «среде», названной «эфиром», заполняющей все пространство и пронизывающей все предметы, но остающейся при этом абсолютно неосязаемой для человека.

Однако к началу XX столетия ситуация в физике коренным образом изменилась. После известных опытов Майкелсона и Морли, ввиду «недоказуемости», а в последующем и «ненужности» для описания принципов и положений «специальной теории относительности» (СТО) А. Эйнштейна, понятие «эфир» как ФР было полностью выброшено из науки. Было принято, что электромагнитные волны распространяются в абсолютной пустоте – вакууме.

Между тем эта ситуация продолжалась не долго. С появлением «общей теории относительности» (ОТО) и квантовой механики вновь появилась необходимость признания наличия некой «среды», заполняющей пространство и представляющей собой ФР. Предложено понятие «физическое поле», а в последующем – «физический вакуум». Под последним подразумевается некая субстанция, наполненная так называемыми «виртуальными частицами», которые в результате «флуктуации» могут превратиться в реальные частицы и античастицы, т.е. в вещество (материю).

Следует признать, что прошедшее XX столетие в истории развития науки не принесло ничего существенного в решении этой проблемы. При всей очевидности факта наличия недостающего звена в структуре мироздания в виде некой субстанции или «универсальной среды», заполняющей все пространство, многократные усилия сторонников «эфирной теории» оказались тщетными. Официальная наука объявила все подобные теории и гипотезы априори «лженаукой» [1, 3].

Очевидно, что причиной сложившейся ситуации является не только «нежелание» столпов современной физики воспринимать понятие «эфир», но и в меньшей степени *отсутствие* такой теории об «эфире», которая не только полностью укладывалась бы в существующие законы и принципы современной физики, но и дала бы к ним логичные разъяснения [2].

В статье автор не ставил своей целью критиковать, спорить и обсуждать все известные теории об «эфире». Он излагает свое видение и предлагает новую версию относительно этой фундаментальной категории физики, которая и легла в основу предложенной им «единой механической теории» [4].

Прежде всего – о самом понятии «пространство». Логика подсказывает, что само по себе, в чистом виде, без наличия в нем «чего-то» пространство бессмысленно, так как оно тождественно (эквивалентно) понятию «измерение» или «расстояние», т.е. «нечто» измеряемому. Но понятие

«расстояние» само по себе не материально и не представляет собой ФР – оно абстрактное понятие [5, 6].

Следовательно, бессмысленно говорить о пространстве как об абстрактном понятии, существующем само по себе без физического субстрата и имеющем при этом какую-то размерность. По нашему твердому убеждению, «пространство» имеет гораздо более широкий смысл, чем просто «расстояние» между «чем-то». Безусловно, оно должно представлять собой некую субстанцию, или ФР, заполняющую все наше измерение (Вселенную).

Как называть эту субстанцию – это вопрос второй. Бесспорно, было бы справедливо исторически назвать её «эфиром», как называлась она в течение более трех тысяч лет. Однако, так как этот термин вызвал бы невосприятие у большинства физиков и никак не отражает суть предлагаемой им физической субстанции, автор решил называть её «пространственно-временным континуумом» (ПВК).

Подобный термин (ПВ – пространство-время), также хорошо известный, и был использован Минковским и Эйнштейном в описании ОТО. Однако тот вариант ПВ имел сугубо математический, точнее, геометрический смысл и не имел ничего общего с ФР. В отличие от него автор считает, что в предлагаемой им концепции термин ПВК адекватно отражает суть «универсальной среды», как ФР и её свойства.

Согласно предлагаемой автором концепции, ПВК представляет собой некую «субстанцию» – ФР, которая заполняет, точнее составляет все наше трехмерное пространство. Она не только заполняет пространство между материальными объектами (молекулами, атомами, элементарными частицами), но и пронизывает их самих, ибо сами они также состоят из элементов (составляющих частиц) этой субстанции! В этом плане она весьма схожа с историческим «эфиром». Однако на этом сходство между ними заканчивается.

Автор считает, что как физическая система (ФС) ПВК состоит из мельчайших составляющих частиц – элементов, практически не имеющих размеров и массы в обычном её понимании. По всем своим физическим параметрам они идентичны понятию «материальная точка», хорошо известному в классической механике. Эти «частицы» существуют в состоянии постоянного хаотического движения. Они, скорее всего, имеют сферическую форму, неделимые, обладают абсолютной твердостью и упругостью. Как отмечалось, размеры их исчезающе малые, либо, возможно, равны Планковской длине. Что касается их «массы», она отсутствует в обычном, принятом современной физикой понимании (инертная, гравитационная масса и масса покоя). Согласно мнению автора, в подобном понимании «масса» свойственна только для ФС, как «отличительной физической реальности» [7, 8].

Составляющая частица ПВК сама по себе не является ФС. Она лишь составляющая частица, или элемент системы – ПВК. Правильно ее считать, что она, как «материальная точка», имеет «протомассу», которая проявляется только лишь в состоянии движения как импульс, точнее, как «протоимпульс», имеющий направление движения и скорость. С учётом последнего автор называл её «гравитон-импульсом» (gi), так как по сути она является импульс-вектором, существующим только в состоянии движения.

Будучи в состоянии постоянного хаотического движения гравитоны-импульсы непрерывно сталкиваются друг с другом. Если учесть, что масса, точнее, «протомасса», у всех гравитон-импульсов одинаковая, то бесчисленное число столкновений приведет к выравниванию их скоростей, и в результате соударений меняется только лишь направление их движения.

Таким образом, согласно концепции автора, ПВК представляет собой трёхмерную ФС, состоящую из элементов – гравитон-импульсов, существующих в состоянии непрерывного хаотического движения в абсолютном вакууме (пустоте).

В этом плане ПВК весьма напоминает хорошо известный в физике «идеальный газ». «Идеальный газ» – математическая модель газа, в которой предполагается, что «потенциальной энергией взаимодействия молекул можно пренебречь по сравнению с их кинетической энергией». Соударение частиц между собой – абсолютно упругое, а время взаимодействия между ними при столкновении пренебрежимо мало по сравнению со средним временем между столкновениями.

Частицы «идеального газа» имеют форму абсолютно упругой сферы и столкновения между ними могут быть центрального и нецентрального характера. Однако, кроме перечисленных сходств, между «идеальным газом» и ПВК имеется очень существенная разница. В отличие от составляющих частиц «идеального газа», имеющих очень малую, но реальную массу и, следовательно,

но, кинетическую энергию, отдельно взятый гравитон-импульс не имеет массу и кинетическую энергию.

Автор даёт себе отчёт в том плане, что подобное его утверждение (гравитоны-импульсы не имеют кинетическую энергию будучи частицей импульса) вызовет резкое возражение у специалистов-физиков. Но он просит не торопиться с выводами, а поразмыслить о сущности таких фундаментальных категорий, как импульс, энергия, масса. Именно о «сущности», а не о «форме» и «свойствах».

Гравитоны-импульсы отличаются друг от друга только лишь направлением движения и плотностью расположения в пространстве. Последняя может быть различной на различных участках (зонах) ПВК.

Автор рекомендует принять вышеуказанное положение как единственный «постулат» в прилагаемой им концепции. На этом «постулирование» завершается, и все имеющиеся известные и неизвестные вопросы относительно сути и природы вещей и явлений могут быть объяснены указанными свойствами ПВК, как «универсальной среды»!

Следует отметить, что отдельно взятых гравитонов-импульсов или их скоплений нельзя увидеть или зарегистрировать. Известно, что все существующие в физике методы «визуализации» (регистрации) базируются на отражении или испускании фотонов (электромагнитных волн) или других элементарных частиц. Последние, согласно авторской концепции, сами представляют собой ФС завихрений гравитонов-импульсов с трёхмерной размерностью. Между тем отдельно взятый гравитон-импульс не является ФС и может действовать (при столкновении) только на один гравитон-импульс, изменяя его направление движения.

ПВК, как ФС, или сплошная среда, состоящая из элементов, находящихся в состоянии постоянного хаотического движения и столкновениях, имеет своё «внутреннее давление среды» (ВДС), величина которой определяется числом столкновения в единице объёма за единицу времени и зависит от её плотности (число гравитонов-импульсов в единице объёма).

Второй фактор, определяющий величину ВДС хаотичной сплошной среды, есть «степень хаотичности» (X). Её величина может колебаться от абсолютного хаоса ($X=1$) до его отсутствия ($X=0$), когда все элементы среды (гравитоны-импульсы) имеют однонаправленное движение, т.е., «упорядоченные». Как известно, максимальное ВДС бывает в состоянии полного хаоса. Любое нарушение хаоса с появлением «потока» (упорядоченного движения) приводит к снижению ВДС на данном участке среды (уравнение Бернулли).

Явление, когда в пределах определённого участка ПВК нарушается хаос и появляется группа гравитонов-импульсов с одинаковым направлением движения, автор назвал «преимущественным направлением движения» (ПНД). Как физическое явление, или процесс, ПНД является противоположным хаосу и может иметь разную степень, выраженную в процентах (%), отражающий соотношение гравитонов-импульсов с одинаковым направлением движения с остальными. Так, при «полном хаосе» ($X=1$), ПНД будет отсутствовать (ПНД=0 %), и, наоборот, при ПНД=100% (когда абсолютно все гравитоны-импульсы двигаются в одном направлении) будет отсутствовать хаос ($X=0$).

Согласно автору, ПНД является важнейшим понятием, лежащим в основе всевозможных категорий и процессов мироздания.

Следует отметить, что именно ВДС лежит в основе механизма непрерывного расширения ПВК, который постоянно находится в состоянии «диффузии»! Причём, расширение ПВК происходит абсолютно равномерно на каждом участке в каждой его точке. ПВК не имеет один – единственный центр расширения. Любая точка в нем может быть воспринята как «центр» расширения (также как любая точка на поверхности сферы может быть воспринята как её центр).

Следует отметить, что принцип «дуализма» заложен в самой сути ПВК, в котором постоянно присутствует два противоположных свойства: непрерывное расширение и внутреннее сдавливание, в основе которых лежит хаос. Можно утверждать, что именно хаос определяет такие фундаментальные свойства ПВК, как упругость, непрерывное расширение и внутреннее давление.

Таким образом, согласно предложенной автором ЕМТ, основу мироздания (физического мира) составляет ПВК (пространство). Все остальные фундаментальные физические категории (величины), такие как «импульс», «энергия», «физические поля» и «масса», являются «вторичными» или производными по отношению к ПВК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Поляков В. И. Экзамен на «Homo Sapiens-II». От концепции естествознания XX века – к естествопониманию. М.: Изд. «Академия естествознания», 2008. – 280 с.
- [2] Рыков А. В. Вакуум и вещество Вселенной. М., 2007. – 289 с.
- [3] Ацковский В. А. Эфиродинамические основы космологии и космогонии. Изд. 2-е. М.: Научный мир, 2012. – 282 с.
- [4] Хаджибаев А. М. Размышление о сути вещей и явлений (взгляд на физику со стороны). Ташкент: ИПТД «Узбекистан», 2015. – 312 с.
- [5] Агашкова Е. Б., Ахлибинский Б. В. Эволюция понятия системы // Вопросы философии. 1998. № 7. С. 170 – 179.
- [6] Коган И. Ш. Обобщение и систематизация физических величин и понятий. Хайфа, 2006. – 207 с.
- [7] Хаджибаев А. М. О физической реальности и физических системах // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент. 2015. № 3 – 4. С. 116 – 119.
- [8] Хайдаров К. А. Термодинамика эфира. Алматы, 2003.

Республиканский научный центр экстренной медицинской помощи

Дата поступления
25.02.2016

А.М. Хаджибаев. Фазо, физик реаллик сифатида

Мақолада муаллифнинг фазо ҳақидаги тушунчаси келтирилган бўлиб, унда фазо физик реаллик сифатида қабул қилинади. Муаллиф таклиф этган концепцияга кўра, фазо вақт континууми (ФВК) нихоятда майда, деярли ўлчамсиз бўлинмайдиган заррачалар – гравитон импульслардан ташкил топган бўлиб, улар доимо тўхтовсиз бетартиб ҳаракат (хаос) ҳолатида мавжуд бўлади. Муаллифнинг фикрича, нафақат фазо, балки табиатдаги барча жисмлар – материянинг барча кўринишлари гравитон импульслардан ташкил топгандир.

A.M. Khadjibaev. About a space as a physical reality

The article describes the author's concept of space as a physical reality. According to the author, the space is a kind of physical reality (or system), which is called by author as "The space-time continuum". The latter, as the author points out, is made up of the smallest (or dimensionless) constituent particles - pulses of gravitons, which are in a state of chaotic motion. According to the proposed concept, everything in nature - both space and matter - is composed of these constituent particles.

РЕЦЕНЗИЯ

на статью А. М. Хаджибаева по теме: «О пространстве, как физической реальности»

Автор статьи «О пространстве, как физической реальности» отмечает, что физика, как наука о природе зиждется на таких фундаментальных категориях, как пространство, энергия, масса и время, без которых невозможно построить ни одну теорию или положение. Безусловно, что среди перечисленных фундаментальных категорий главенствующее место занимает «пространство», ибо все, что существует, как физическая реальность (ФР) находится в пространстве.

Далее автор статьи пишет: не ставил своей целью критиковать, спорить и обсуждать все известные теории об «эфире». Он излагает свое видение и предлагает новую версию относительно этой фундаментальной категории физики, которая и легла в основу предложенной или «единой механической теории».

Автор статьи отмечает, конечно, было бы справедливо исторически назвать ее «эфиром», как называлась она в течение более трех тысяч лет. Однако, так как этот термин вызвал бы невосприятие у большинства физиков и никак не отражает сути предлагаемой им физической субстанции, автор статьи решил называть ее «пространственно-временным континуумом» (ПВК).

Конечно, подобный термин (ПВ– пространство – время) – хорошо известный и был использован Минковским и Эйнштейном в описании ОТО. Однако тот вариант ПВ имел сугубо математический, точнее, геометрический смысл и не имел ничего общего с ФР. В отличие от него автор статьи считает, что в предлагаемой им концепции термин ПВК адекватно отражает суть «универсальной среды», как ФР и ее свойства.

Рецензент также солидарен с философскими соображениями автора.

Статья написана доступно как для простого читателя, так и для специалистов разного профиля.

Доктор технических наук Т. Юлдашев

А.М. Хаджибаевнинг "Фазо физикавий реаллик" қўлёзмасига

ТАҚРИЗ

Қўлёзмада муаллиф физика фани таракқиёти тарихидаги фазо тушунчасига оид маълумотларни баён этади ва ўзи таклиф этаётган "ягона механикавий назария" асосини ташкил этувчи концепцияни илгари суради: фазо-коинотдаги барча макро ва микро жисмлар оралиғини тўлдирган ва улар ичига ҳам кириб борган субстанция, яъни физикавий реалликдир. Substantia - лотинча сўз бўлиб, барча нарса ва ходисаларнинг бирламчи асоси деган маънони англатади. Уни "эфир" деб аташдан муаллиф тийилган, чунки субстанция "зарра"лари - чексиз кичик ўлчамли, абсолют каттик ва абсолют эластик зарралар, улар тухтовсиз хаотик ҳаракат қиладилар. Муаллиф уларни гравитонлар деб аташни маъқул кўрган. Гравитонлар одатий "масса"га эга эмас, аниқроғи, "импульс" тарзида намоён бўладиган "протомасса"га эга. Шунинг учун гравитонни таъсирнинг "импульси" ёхуд "вектори" деб тушуниш керак. Гравитонлар бирдай

"протомасса"га эга, лекин улар йўналиши ва фазодаги зичлиги билан фаркланади. Муаллиф таклиф этаётган ягона механикавий назария ана шу биттагина постулатга таянади, ҳамда Бернулли қонуни ва Магнус эффектига асосланиб, дейрли барча физикавий қонунлар ва ҳодисалар моҳиятини соддагина тушунтиришга ҳаракат қилади.

Муаллифнинг "Размышления о сути вещей и явлений" деб номланган китобида физиканинг барча фундаментал масалалари қизиқарли тарзда баён этилган. Китобни мутолаа қилиш жараёнида муаллифнинг мантикий фикр ва мулохазалари бизда илиқ таассурот вужудга келтирди. Лекин ... Физика дунё тузулишини ўрганувчи механика, оптика, акустика, электродинамика, квант механикаси, молекуляр физика, атом ва ядро физикаси, элементар зарралар физикаси, майдонлар квант назарияси каби соҳалардан иборат. Ҳар бир соҳа бўйича илмий тадқиқотлар олиб бораётган етук физиклар китоб билан танишиб ўз фикрларини билдиришлари айни муддао булурди. Китоб рус тилида ёзилган. Рус тили Бирлашган миллатлар ташкилотининг расмий тилларидан ҳисобланади. Зеро китоб нусхаларини ташқи давлатлар нуфузли университетларида фаолият кўрсатаётган физикаларга етказиш лозим, уларнинг фикрлари китобнинг мазмунини бўйича бахси янада самарали булишига ҳисса қушарди.

Мазкур кўлёмани эса чоп этиш керак, деб ҳисоблаймиз.

*Физика-математика фанлари доктори, профессор М. Боходирхонов
Педагогика фанлари доктори, профессор О. Аҳмаджонов
Физика-математика фанлари номзоди, доцент Б. Саидов*

**О статье А.М. Хаджибаева «О физической реальности и физических системах»,
опубликованной в Узбекском журнале «Проблемы механики». 2015. № 3 – 4.**

В классической механике Ньютона есть понятие абсолютного пространства и абсолютного времени. Специальная теория относительности, созданная Эйнштейном, отменяла абсолютное пространство и абсолютное время. Создание Эйнштейном общей теории относительности положило начало разработке единой теории поля или Теории Всего, т.е. физической теории, ставившей своей целью единое описание всех известных форм фундаментальных взаимодействий (гравитации, электромагнетизма, слабых и сильных). Эйнштейн на протяжении более 30 лет разрабатывал Единую теорию поля, под которой он понимал объединение электромагнетизма и гравитации (сильное и слабое взаимодействия тогда только начинали вырисовываться и были еще не совсем понятны). Успехом эта деятельность Эйнштейна не увенчалась. Однако со временем, после создания суперсимметрии и возникновения идеи о протяженных объектах – струнах – удалось построить различные единые теории поля в форме суперструн. Среди них есть и Теория всего Сущего, которая называется М-теорией. Однако эти теории обладают одним существенным недостатком – не существует их экспериментальных подтверждений или они противоречат тем или иным экспериментальным данным. Одной из последних в этом же плане появилась работа Гаррета Лиси «Исключительно простая Теория Всего (An Exceptionally Simple Theory of Everything)» 2007 года, которая дает тоже некоторое единое описание всех форм взаимодействий. Однако выяснилось, что теория Лиси не во всем соответствует реальности. Несмотря на несомненные изыщества, у теории Лиси обнаружили ряд существенных недостатков.

В целом все разработанные до настоящего времени Теории Всего основывались на принципах теории относительности Эйнштейна и квантовой механики: движение быстрее света невозможно, пространство и время относительно, все фундаментальные взаимодействия подчиняются принципам квантовой механики и т.д. На этом пути, как уже отмечалось, были построены ряд Теорий всего Сущего. Кроме вышеуказанных недостатков, они еще имеют крайне сложную математическую структуру.

Возможно, для построения Единой теории поля необходим другой подход? Можно ли построить Теорию всего Сущего без обращения к сверхсложному математическому аппарату? А именно с точки зрения классической Ньютоновской механики? Возможно, для этого нужно возвратиться к принципам классической механики?

Этим непростым вопросам и посвящена статья А.М. Хаджибаева «О физической реальности и физических системах». Следует полагать, что в статье затронуты лишь только основные принципы теории относительности. Они очень деликатно отвергаются и с помощью логических размышлений в очень мягкой форме утверждаются основные принципы классической механики – абсолютное пространство, абсолютное время, следовательно, скорость движения может быть быстрее скорости света для всей физики: и для классической, и для неклассической.

Необходимо отметить, что с этими утверждениями автор статьи стоит только в начале исследовательского пути. Как считал сам Эйнштейн, любая логически правильная идея, даже если она очень «безумная» имеет право на существование. Тем более автор в этом направлении уже издал книгу, которая упомянута в примечаниях к статье.

Уверен, что в стремлении автора следует пожелать ему успехов. Считаю, что статья заслуживает внимания специалистов в области теоретической физики. Автору пожелаю продолжить публикации в этом направлении.

Редколлегия журнала «Проблемы механики», опубликовав данную статью, поступила в духе Великого Альберта Эйнштейна.

Доктор физико-математических наук, профессор К.С. Султанов

ПУШТАЛАРГА ИШЛОВ БЕРУВЧИ ҚУРИЛМА ЮМШАТКИЧ ПАНЖАСИНИНГ ТОРТИШГА ҚАРШИЛИГИ

Республикаимиз шароитида асосий қишлоқ хўжалик экини бўлган пахтани пушталарда етиштириш қатор афзалликларга эга: пуштага экилган чигит текис ерга экилганга нисбатан қийғос униб чиқади, ўсимлик яхши ривожланади ва эртанги ҳамда юқори ҳосил етиштирилади.

Маълумки [1], чигит экиш учун кузда олинган пушталарга эрта баҳорда ишлов берилади. Бундан асосий мақсад дала юзасида майин тупроқ қатлами ҳосил қилиб, куз-қиш даврида унда тўпланган намни сақлаб қолиш ҳамда униб чиқаётган бегона ўтларни йўқотишдан иборат.

Ҳозирги даврда пушталарга ишлов бериш чопиқ тракторларига ўрнатиб ишлатиладиган осма тишли тирмалар ёрдамида амалга оширилади. Аммо улар пушталарнинг бутун профилли бўйича ишлов бериш ва бегона ўтларни тўлиқ йўқотиш имкониятига эга эмас. Шундан келиб чиққан ҳолда ҚХМЭИда пушталарга чигит экишдан олдин уларни бутун профилли бўйича ишлов берадиган қурилма ишлаб чиқилди [2]. У рама, унга кетма-кет ўрнатилган юмшаткич панжалар, ротацион ва тишли юмшаткичлардан ташкил топган бўлиб, иш жараёнида улар мос равишда пушталарнинг эгатлари туби, ёнбағирлари ҳамда тепа қисмини юмшатиб, уларнинг бутун профилли бўйича тупроқдаги намнинг сақланишини таъминловчи майин тупроқ қатламини ҳосил қилади ҳамда униб чиқаётган бегона ўтларни тўлиқ йўқотиб кетади.

Ушбу мақолада пушталарга эрта баҳорда ишлов бериш учун ишлаб чиқилган қурилма юмшаткич панжасининг тортишга қаршилигини аниқлаш бўйича ўтказилган тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

Маълумки [3, 4], юмшаткич панжа кўринишидаги иш органининг тортишга умумий қаршилигини қуйидаги кўринишда ифодалаш мумкин

$$R_{\text{умум}} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4, \quad (1)$$

бунда R_1 – тупроқнинг юмшаткич панжа тигини киришига кўрсатадиган қаршилиги; R_2 – тупроқнинг юмшаткич панжа таъсири остида деформацияланишга қаршилиги; R_3 – тупроқни юмшаткич панжа ишчи сирти бўйлаб кўтарилишидан ҳосил бўладиган қаршилик; R_4 – юмшаткич панжа ишчи сирти бўйлаб кўтарилаётган тупроқнинг инерция кучидан ҳосил бўладиган қаршилик.

Тупроқнинг юмшаткич панжа тигининг киришига қаршилигини қуйидаги ифода бўйича аниқлаш мумкин [3]

$$R_1 = T t_{\text{ю}} b, \quad (2)$$

бунда T – тупроқни эзилишга солиштира қаршилиги; $t_{\text{ю}}$ – юмшаткич панжа тигининг қалинлиги; b – юмшаткич панжанинг эни.

Тупроқнинг деформацияланишга қаршилигини аниқлаш учун у юмшаткич панжанинг таъсири остида горизонтга нисбатан ψ бурчак остида синиши ҳисобига парчаланади деб қараб (расмдаги а схема), қуйидаги ифодага эга бўламиз

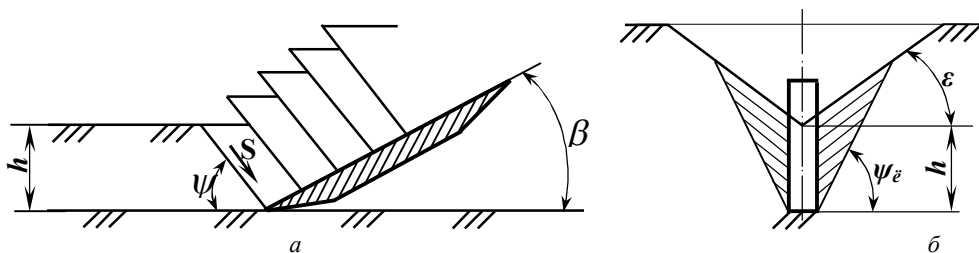
$$R_2 = S [\cos \psi + f \sin (\beta + \psi) \cos \beta], \quad (3)$$

бунда S – тупроқнинг парчаланишга қаршилиги; ψ – тупроқ парчаланиш текислигининг горизонтга оғиш бурчаги; f – тупроқнинг юмшаткич панжа ишчи юзасига ишқаланиш коэффициентини.

$S = [\tau_k] F_c$ эканлигини ҳисобга олиб [5], (4) ифодани қуйидаги кўринишда ёзамиз

$$R_2 = [\tau_k] F_c [\cos \psi + f \sin (\beta + \psi) \cos \beta], \quad (4)$$

бунда $[\tau_k]$ – тупрокни парчаланишга критик қаршилиги; F_c – тупроқ парчаланиш текислигининг юзи; β – юмшаткич панжанинг тупроққа кириш бурчаги.



Тупроқнинг юмшаткич панжа таъсири остида деформацияланишга қаршилигини аниқлашга доир схема

Расмда келтирилган a ва b схемаларга мувофиқ

$$F_c = \left[h(b + h \operatorname{ctg} \psi_\varepsilon) + \frac{\left(\frac{1}{2} b + h \operatorname{ctg} \psi_\varepsilon \right)^2}{\sin(\psi_\varepsilon - \varepsilon)} \sin \psi_\varepsilon \sin \varepsilon \right] \cdot \frac{1}{\sin \psi}, \quad (5)$$

бунда h – юмшаткич панжанинг тупроққа ботиш чуқурлиги; ψ_ε – тупроқнинг ёнбош синиш бурчаги; ε – пушта ёнбағрини горизонтга нисбатан оғиш бурчаги.

F_c нинг (5) ифода бўйича қийматини (4) ифодага қўйиб ҳамда

$$\psi = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{2}(\beta + \varphi_1 + \varphi_2)$$

(бунда φ_1, φ_2 – тупроқнинг ташқи ва ички ишқаланиш бурчаклари) эканлигини ҳисобга олиб [6], қуйидагига эга бўламиз

$$R_2 = [\tau_k] \left[h(b + h \operatorname{ctg} \psi_\varepsilon) + \frac{\left(\frac{1}{2} b + h \operatorname{ctg} \psi_\varepsilon \right)^2}{\sin(\psi_\varepsilon - \varepsilon)} \sin \psi_\varepsilon \sin \varepsilon \right] \times \frac{1}{\cos \frac{1}{2}(\beta + \varphi_1 + \varphi_2)} \times \\ \times \left[\sin \frac{1}{2}(\beta + \varphi_1 + \varphi_2) + f \cos \frac{1}{2}(\beta - \varphi_1 - \varphi_2) \cos \beta \right] \quad (6)$$

Тупроқнинг юмшаткич панжанинг иш сирти бўйлаб кўтарилиши ва инерция кучидан ҳосил бўладиган қаршиликларни қуйидаги ифодалар бўйича аниқлаймиз [4]

$$R_3 = \rho b h L g \operatorname{tg}(\beta + \varphi_1) \left(1 + \frac{W}{100} \right) \quad (7)$$

ва

$$R_4 = \rho V^2 \left[h(b + h \operatorname{ctg} \psi_\varepsilon) + \frac{\left(\frac{1}{2} b + h \operatorname{ctg} \psi_\varepsilon \right)^2}{\sin(\psi_\varepsilon - \varepsilon)} \sin \psi_\varepsilon \sin \varepsilon \right] \times \frac{\sin \beta \sin(\beta + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \left(1 + \frac{W}{100} \right), \quad (8)$$

бунда ρ – тупроқнинг зичлиги; g – эркин тушиш тезланиши; L – иш органи ишчи сиртининг узунлиги; W – тупроқнинг намлиги; V – агрегатнинг тезлиги.

R_1, R_2, R_3 ва R_4 ларнинг (2), (6), (7) ва (8) ифодалар бўйича қийматларини (1) га қўйиб, қуйидаги якуний натижага эга бўламиз

$$\begin{aligned}
R_{\text{умум}} = T t_{\text{ю}} b + [\tau_k] & \left[h(b + h \operatorname{ctg} \psi_{\varepsilon}) + \frac{\left(\frac{1}{2} b + h \operatorname{ctg} \psi_{\varepsilon} \right)^2}{\sin(\psi_{\varepsilon} - \varepsilon)} \sin \psi_{\varepsilon} \sin \varepsilon \right] \times \\
& \times \frac{1}{\cos \frac{1}{2}(\beta - \varphi_1 - \varphi_2)} \left[\sin \frac{1}{2}(\beta + \varphi_1 + \varphi_2) + f \cos \frac{1}{2}(\beta - \varphi_1 - \varphi_2) \cos \beta \right] + \\
& + \rho V^2 \left[h(b + h \operatorname{ctg} \psi_{\varepsilon}) + \frac{\left(\frac{1}{2} b + h \operatorname{ctg} \psi_{\varepsilon} \right)^2}{\sin(\psi_{\varepsilon} - \varepsilon)} \sin \psi_{\varepsilon} \sin \varepsilon \right] \times \frac{\sin \beta \sin(\beta + \varphi_1)}{\cos \varphi_1} \cdot \left(1 + \frac{W}{100} \right). \quad (9)
\end{aligned}$$

Бу олинган ифода тахлили шуни кўрсатадики, ишлаб чиқилган қурилма юмшаткич панжасининг тортишга қаршилиги унинг параметрлари ($t_{\text{ю}}$, b , β), ишлов бериш чуқурлиги (h), агрегатнинг ҳаракат тезлиги (V) ҳамда тупроқнинг физик-механик хоссалари (T , ρ , φ_1 , φ_2 , W) га боғлиқ экан.

Илгариги ўтказилган тадқиқотлар натижаларига кўра $t_{\text{ю}}=0.001$ м, $b=0.05$ м, $L=0.12$ м, $h=0.1$ м, $\beta=25^\circ$, $\varepsilon=32^\circ$, $\varphi_1=25^\circ$, $\varphi_2=35^\circ$, $\psi_{\varepsilon}=50^\circ$, $T=0.82 \cdot 10^6$ Па, $\rho=980$ кг/м³, $[\tau_k]=1.4 \cdot 10^4$ Па, $W=16.8$ % қабул қилиниб [5,7], (2), (6), (7) ва (8) ифодалар бўйича ўтказилган ҳисоблар 1.5 – 2.0 м/с тезлик оралиғида $R_1=41$ Н, $R_2=661$ Н, $R_3=8$ Н ва $R_4=27-47$ Н оралиғида ҳамда (9) ифода бўйича эса юмшаткич панжанинг тортишга умумий қаршилиги 0.74 – 0.76 кН оралиғида бўлишини кўрсатди. Ушбу маълумотлар тахлили шуни кўрсатадики, ишлаб чиқилган қурилма юмшаткич панжаси тортишга қаршилигининг асосий қисми тупроқни деформацияланишга қаршилигидан ҳосил бўлар ва умумий қаршилигининг 87 – 89 фоизини ташкил этар экан.

Демак, ўтказилган тадқиқотлар натижаларига кўра қурилма юмшаткич панжасининг тортишга умумий қаршилиги унинг параметрларига, ишлов бериш чуқурлиги, агрегатнинг ҳаракат тезлиги ҳамда тупроқнинг физик-механик хоссаларига боғлиқ бўлиб, 1.5 – 2.0 м/с ҳаракат тезлигида 0.74 – 0.76 кН ни ташкил этар экан.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Қишлоқ хўжалиги экинларини парваришlash ва маҳсулот етиштириш бўйича намунавий технологик карталар 2011-2015 йиллар учун. Тошкент: Nilol Media, 2011. – 80 б.
- [2] Абдулхаев Х.Ғ. Пушталарга ишлов берувчи қурилма // Инновацион лойиҳаларни ишлаб чиқаришга тадбиқ этиш муаммолари // Республика илмий-техник конференцияси илмий мақолалар тўплами. Жиззах, 2011. Б. 34 – 35.
- [3] Механизация защиты почвы от эрозии / Под ред. Вагина А.Т. Л.: Колос, 1977. – 272 с.
- [4] Юдкин В.В., Бойков В.М. Тяговое сопротивление плоскорезов глубокорыхлителей // Механизация и электрификация сельского хозяйства. М., 1984. № 5. С. 15 – 17.
- [5] Тўхтақўзиев А., Имомқулов Қ.Б. Тупроқни кам энергия сарфлаб деформациялаш ва парчалашнинг илмий-техник асослари. Тошкент: Komron Press, 2013. – 120 б.
- [6] Горячкин В.П. Сборник сочинений. В 3-х т. Изд. 2-е / Под ред. Лучинского Н.Д. М.: Колос, 1968. Т.1. – 720 с.
- [7] Тўхтақўзиев А., Абдулхаев Х. Пушталарга ҳажмий ишлов берувчи машина иш органаларининг параметрларини асослаш // Механика муаммолари. Тошкент. 2013. № 1. Б. 78 – 81.

Қишлоқ хўжалигини механизациялаш ва электрлаштириш илмий-тадқиқот институти

11.08.2015 й.
қабул қилинган

Х.Ғ. Абдулхаев. Определение тягового сопротивления рыхлительной лапы устройства для обработки гребней

В статье приведены результаты теоретических исследований по определению тягового сопротивления рыхлительной лапы устройства, разработанного для обработки гребней.

Kh.G. Abdulkhaev. Determination of resistance to traction ripper paw treatment device for processing ridges

The article presents the results of theoretical studies to determine the traction resistance ripper paws developed device for processing ridges.

СТРУКТУРА ТУРБУЛЕНТНОГО ПОТОКА С ГРЯДОВЫМ ДНОМ

Песчаные гряды, образующиеся в результате взаимодействия турбулентного потока и его русла, являются наиболее общей формой движения данных наносов. Транспорт данных наносов может осуществляться только в виде перемещения русловых форм – песчаных гряд. Все многообразие русловых форм может быть подразделено на две большие группы: малые формы (микроформы) и средние формы (мезоформы).

Микроформы – это такие малые гряды, которые вследствие своей массовости определяют только шероховатость дна. Микроформы способны быстро перестраиваться, что даёт основание считать их существующими при установившемся режиме.

Мезоформы, или средние формы, представляют собой крупные песчаные гряды, перекрывающие почти все русло, соизмеримые по своим размерам с глубиной и шириной потока.

Наиболее полно исследована турбулентность, соответствующая первой из названных форм [1 – 4]. В этом случае в потоке можно выделить три фрагмента: транзитный поток, устойчивую водооборотную зону в подвалье гряды и вихревой придонный слой над верховой её гранью. Каждому из этих фрагментов соответствует своя кинематическая схема. В транзитной части потока развиваются крупномасштабные образования, которые детально изучал К.В. Гришанин. Придонный турбулентный слой Н.Е. Кондратьев [5] схематизирует в виде цепочки катящихся по дну эллиптических вальцов, пространство между которыми заполняется системой все уменьшающихся по размерам и подобных по форме вальцов.

Большинство исследователей в настоящее время считают, что причиной образования песчаных гряд является турбулентность потока. Однако механизм воздействия турбулентного потока на подвижное песчаное дно далеко ещё не раскрыт. М.А. Великановым [6] впервые была чётко сформулирована идея о том, что в турбулентном потоке, помимо чисто случайных пульсаций, имеются также пульсации, носящие закономерный характер. Размер вихрей, соответствующих этим упорядоченным пульсациям скорости в открытых потоках, определяется глубиной потока. М.А. Великанов назвал эти вихри крупномасштабными структурными образованиями. Экспериментально периодические пульсации скорости были обнаружены Б.А. Фидманом [7] при статистическом исследовании плоского потока в стеклянном лотке.

Знание связи характеристик песчаных гряд с характеристиками турбулентного потока необходимо для прогноза руслового процесса и решения целого ряда практических задач. Структура турбулентного потока при наличии песчаных гряд изучена недостаточно. Особенно малоисследованной областью является структура турбулентных образований при крупных пространственных грядах. Рядом авторов [2, 8] указывалось, что здесь имеется водоворотная зона. Наши сведения ограничиваются качественным описанием явления и весьма скудными данными, относящимися, в основном, к периоду срыва вихрей.

В данной статье изложены некоторые результаты исследования кинематических характеристик потока над различной шероховатостью, проведённого в каналах в нижнем течении р. Амур [9]. Определялись характеристики придонного слоя, фиксировались мгновенные скорости на различном расстоянии от дна потока, вычислялись амплитудные и частотные характеристики турбулентности.

В пределах участков, где проводились измерения русла каналов, прямолинейное очертание, ширина русла – 30 – 70 м, расход воды – 50 – 350 м³/с, трасса каналов проходит в аллювиальных отложениях. Средняя крупность донных отложений колеблется от 0.1 до 0.2 мм.

Измерения средних и пульсационных составляющих скорости проводились в 5 – 6 точках по вертикали над различными выступами шероховатости. Пульсации скоростей измерялись специальной малогабаритной вертушкой (ГР -99, ГР-101) со счётно-импульсным механизмом, регистрирующим контакты через 1 оборот. Дальнейшая обработка данных измерений выполнялась статистическими методами.

Для изучения размыва и транспорта наносов важное значение имеет изучение распределения продольных скоростей на вертикали. Для установления эпюр распределения скоростей по

глубине потока используются многочисленные эмпирические формулы, но, несмотря на это, вопрос о кинематической структуре потока до сих пор полностью не решён. Результаты наших исследований [9 – 11] показывают, что постоянные параметры, входящие в эти формулы, изменяются в больших пределах с изменением гидравлических элементов потока и наносного режима [11].

Для расчёта профиля средней скорости можно воспользоваться логарифмическим

$$U = \frac{U_*}{x} \ln \eta + c \quad (1)$$

или степенным

$$U = (1 - \alpha) \bar{u} \eta^a \quad (2)$$

соотношениями, где U – осреднённая по времени продольная составляющая скорости потока на данном уровне; U_* – динамическая скорость; $\eta = z/h$ – относительное удаление данного уровня от дна; z – вертикальная координата ($z=0$ – дно); h – глубина потока; a – показатель степени; x – постоянная Кармана; c – постоянная.

Стандарт продольной составляющей пульсаций скорости σ_u можно рассчитать по формуле [3]

$$\sigma_u / U_* = 2.1 - 1.2 \sqrt{\eta} \quad (3)$$

Приведённые в формулах (1) и (2) динамическая скорость U_* и показатель степени a учитывают донное трение. Аналитическая связь этих параметров может быть получена из условия равенства интегралов соотношений (1) и (2) в пределах от 0 до 1, т.е. условия независимости средней скорости от способа описания профиля скорости. В таком случае в (1) постоянная $c = \bar{u} + U_* / x$ и она имеет смысл поверхностной скорости. В (2) поверхностная скорость равна $(1+a) \bar{U}$, откуда

$$U_* = x \alpha \bar{u} \quad (4)$$

Применение (4) в ряде случаев, например, в (3), даст то преимущество, что параметр a можно рассчитать по результатам измерения профиля скорости и он имеет для больших открытых потоков сравнительно небольшие пределы изменения ($0.1 < a < 0.25$ [9]).

Приведённые зависимости (1), (2) и (3) не могут быть распространены непосредственно на придонный слой, в котором поле скорости определяется, в основном, обтеканием выступов шероховатости. Горизонт $\eta=0$ при развитой шероховатости находится примерно на уровне высоты её выступов. Развитой шероховатостью, вероятно, можно считать такую, след обтекания которой даёт заметный вклад в спектр турбулентности. В этом случае характерный размер выступов шероховатости превышает внутренний масштаб турбулентности (масштаб диссипации турбулентности), величину которого можно оценить при помощи следующего соотношения [6]:

$$L / \lambda \approx \sigma_v / \nu \quad (5)$$

где L – макромасштаб турбулентности (для рек $L \approx h$); σ – стандарт пульсаций скорости; ν – кинематическая вязкость.

Для равнинных рек при помощи (5) получена оценка масштаба диссипации $\lambda \approx 1$ см. В большинстве случаев в реках донная шероховатость превосходит эту величину, а условная поверхность $\eta=0$ соответствует максимальному значению пульсации скорости.

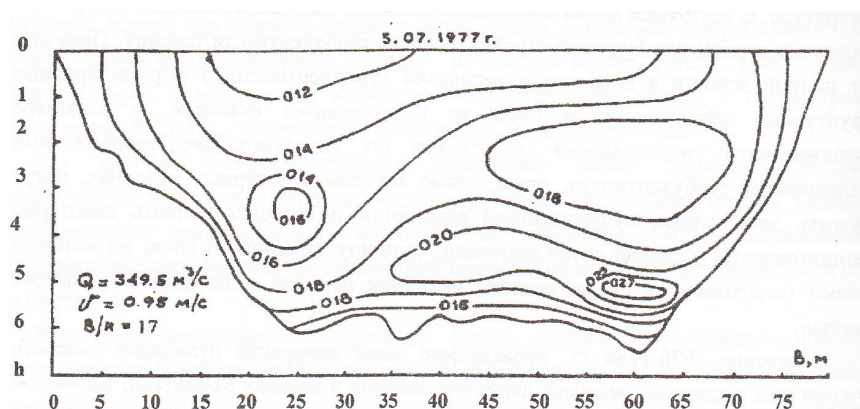
Линейный масштаб, определяющий порядок расстояния между смежными вихрями, определяется по формуле К.В. Гришанина [2]

$$\lambda = Tu = h \left(\frac{C^2}{g} \right)^{1/3} \quad (6)$$

где T – временной масштаб цепочки больших вихрей; C – коэффициент Шези; h – глубина потока; g – ускорение свободного падения.

В последнее время появились работы, свидетельствующие о наличии в каналах русловых форм, которые связываются с турбулентной структурой потока. Поэтому представляет интерес

исследовать турбулентную структуру потока на предмет установления наличия в нём крупномасштабных турбулентных вихрей. Длительные непрерывные наблюдения продолжительностью 20 – 30 мин. над пульсацией скоростей в одной и той же точке вертикали, характеризующей период прохождения больших вихрей (τ) потока, нами были проведены на каналах Кызкеткен, Куваньшджарма, Суенли, Боз-яб [10] (рисунок).



Распределение интенсивности турбулентности в живом сечении канала Кызкеткен (ПК 95)

По данным этих измерений построены хронограмма пульсации скоростей на глубине $0.6 h$ от дна на стержневой вертикали, осредненные 10-секундным интервалом времени для различных порядков каналов. Для гидравлически гладкого и переходного режима работающих каналов обнаружилось колебания скорости с периодом 3 – 5 мин., а в другом цикле измерений на гидравлически шероховатом режиме работающих каналов – колебания с периодом 10 мин. Сложный характер возникновения турбулентных вихрей отмечен в каналах с повышенной шероховатостью. Судя по данным хронограммы пульсации скоростей, можно представить, что крупномасштабные вихри состоят из двух средних с периодом каждый около 5 мин., внутри этих вихрей расположены 2 – 4 мелкомасштабных вихря с периодами 1 – 2 мин., соизмеримые с размерами рельефа дна канала.

По данным измерений также установлено, что крупномасштабные вихри имеют в одни периоды повышенные скорости, а в другие – пониженные вследствие воздействия поперечных циркуляций, заставляющих поток попеременно отклоняться то к одному, то к другому берегу. Таким образом, в крупных земляных каналах достаточно чётко выделяются крупномасштабные вихри различных размеров, связанные с размерами песчаных гряд.

Анализ данных длительных измерений пульсации скорости показывает, что период прохождения крупномасштабных вихрей (τ) зависит от скорости, глубины и кинетичности потока F_r и определяется зависимостью [10]

$$\tau = 80\sqrt{F_r}, \text{ мин.} \quad (7)$$

Определив по формуле (7) значение τ , можно легко найти длины крупномасштабных вихрей

$$\lambda = \tau \cdot \dot{y} = 80\sqrt{F_r} \cdot \dot{y} = 80\sqrt{F_r} \cdot \frac{C}{\sqrt{q}} U_* \quad (8)$$

В отличие от зависимости К.В. Гришанина формула (8) учитывает кинетическое и динамическое подобие, свойственное взвесенесущим турбулентным потокам.

Одной из важнейших характеристик турбулентного потока является интенсивность турбулентности, которая оценивается среднеквадратическим отклонением скорости $\sigma_u = \sqrt{U^{12}}$ и считается амплитудной характеристикой турбулентности.

Для обобщения экспериментальных данных величины σ_u нормируют, как обычно, на среднюю скорость на вертикали или динамическую скорость

$$K = \frac{\sigma_u}{u} \text{ или } K = \frac{\sigma_u}{u_*}. \quad (9)$$

При подсчёте интенсивности турбулентности по данным измерений средние квадратичные отклонения продольной составляющей скорости нормировали на осреднённую скорость в данной точке. Полученные кривые характеризуют зависимость интенсивности турбулентности от относительной глубины. Ход этих кривых идентичен, но отмечается сравнительно небольшое изменение числа K по глубине в верхней части потока и резкое увеличение его от середины вертикали ко дну. На рисунке показаны изотакси распределения интенсивности турбулентности по ширине каналов. Как видно, интенсивность турбулентности равномерно увеличивается от стержня к береговым вертикалям и ко дну потока. При этом в придонной области имеет место некоторый иной характер распределения отношения $\sigma_u / \bar{u}_g$.

По исследованиям И.К. Никитина [12], кривая изменения σ_u должна иметь у дна точку перегиба, в которой при $Z=\sigma$ $\sigma_u=\sigma_{maks}$. По данным эксперимента Д.И. Гринвальда [1], на реке Турчрук такая точка перегиба σ_u у дна отсутствует. По данным наших исследований [9, 10], зона точки перегиба имеет место в придонной области в центральной части потока, а в береговых вертикалях такая точка не наблюдается. Такой характер изменения кривой $\sigma_u / \bar{u}_g$ по ширине руслового потока объясняется, видимо, влиянием пульсации частиц взвешенных и данных наносов. Так, в зоне активного массообмена между потоком и данным отложением точка перегиба $\sigma_u / \bar{u}_g$ наблюдается, а в зоне пассивного массообмена (в береговых зонах) такая точка отсутствует.

За частотную характеристику турбулентности принимают среднюю частоту пульсации в данной точке $\omega_T = N/T$, где N – половина числа экстремумов на кривой мгновенных скоростей: T – период осреднения. Величина, обратная частоте, т.е. $T/N = 1/\omega_T$, представляет собой период пульсации. Разделив глубину на вертикали на отношение $\bar{u}_g / \omega_T$, получим безразмерный параметр, который называется числом Струхали:

$$S_t = \frac{\omega_T h}{U_g} . \quad (10)$$

Это число можно назвать относительной чистотой. Число Струхали, по теоретическим расчётам М.А. Великанова, равно 0.69. Лабораторные и натурные исследования различных авторов дают величины числа Струхали, отличающиеся от его теоретических значений (от 0.5 до 0.75).

По нашим исследованиям, число Струхали выражается по формуле в виде

$$S_t = \frac{h}{\lambda} = \frac{h}{80 \sqrt{F_q} \cdot U} . \quad (11)$$

Здесь значение λ дано по формуле (8).

По данным измерений вычисленные значения чисел Струхали по глубине потока остаются мало изменёнными и слабо зависят от изменения уровня и расходов воды. Судя по формуле (11), число Струхали с увеличением числа Фруда уменьшается.

Таким образом, выполненные исследования позволили сделать следующие выводы: при наличии песчаных гряд в потоке существуют крупномасштабные структурные образования, размеры которых равны размерам песчаных гряд; при шероховатом дне за каждым выступом образуется вихревая область (область зарождения турбулентных пульсаций) и с увеличением высоты выступов вихревые образования усиливаются. При этом крупномасштабными вихрями к толще потока непрерывно выбрасываются со дна массы жидкости вместе с частицами наносов, часть которых проявляют спираловидные движения и далее они поднимаются до свободной поверхности и распадаются, передавая свои энергии соседнему вихрю. Получены формулы (7), (8) и (11) для определения периодов прохождения, длины крупномасштабных вихрей и числа Струхали, представляющих собой безразмерный критерий подобия турбулентности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гринвальд Д.И. Турбулентность русловых потоков. Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 168 с.
- [2] Гиршанин К.В. Динамика русловых потоков. Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 321 с.
- [3] Дебольский В.К., Долгополова Е.Н., Замий О.А., Орлов А.С. Статистическое описание турбулентного движения в реках // Водные ресурсы. 1986. № 4. С. 57 – 67.

- [4] Фидман Б. А., Орлов А. С. Измерение структуры речного течения // Водные ресурсы. 1973. №6. С. 107–117.
- [5] Кондратьев Н. Е., Попов И. В., Сущенко Б. Ф. Основы гидроморфологической теории руслового процесса. Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 272 с.
- [6] Великанов М. А. Динамика русловых потоков. М.: Гос. издательство техн. теор. лит., 1954. Т.1. – 324 с.
- [7] Фидман Б. А., Ляхтер В. М. Исследование турбулентности методом фото- и киносъемки. Динамика и термика речных потоков. М.: Наука, 1972. С. 109 – 126.
- [8] Михайлова Н. А. Перенос твердых частиц турбулентными потоками воды. Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 232 с.
- [9] Байманов К. И. Кинематическая структура потока в земляных каналах // Гидротехническое строительство. М., 2005. № 3. С. 37 – 40.
- [10] Байманов К. И. О механизме движения открытых потоков // Узбекский журнал «Проблемы механики». 2009. № 5 – 6. С. 20 – 25.
- [11] Байманов К. И. Некоторые итоги исследований по распределению скоростей в земляных каналах // Узбекский журнал «Проблемы механики». 2008. № 1. С. 44 – 47.
- [12] Никитин И. К. Турбулентный русловой поток и процессы в придонной области. Киев: Изд. АН УССР, 1963. – 142 с.

Каракалпакский государственный университет им. Бердаха

Дата поступления
31.03.2016

К.И. Байманов. Қўм дўнгликларли оқимининг турбулент ҳаракат таркиби
Очиқ ўзанлардаги турбулент оқимининг таркибини баҳоловчи ҳар қил қўм дўнгликлари устидаги оқим тезликларининг ўртача ва пульсацион тавсифлари тадқиқотлари натижалари келтирилган.

K.I. Baymanov. The Structure of Turbulent stream with bed bottom
The results of researches of middle and pulse characteristics of speed over different beds of open flows, which allow to evaluate the structures of turbulent stream are mentioned in the article.

УДК 629.113

К.З. ЗИЯЕВ

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЕЗДОВЫХ УСЛОВИЙ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ В ГОРОДЕ

Устойчиво и динамично растет экономика Узбекистана, составляя ежегодно более 8% объема ВВП. Объем грузооборота на автомобильном транспорте опережает показатель экономики в пределах 1.25 раза. Зарубежный опыт, в частности Евросоюза, свидетельствует о повышении грузооборота за 2001 – 2010 гг. на 38 % при росте экономики в среднем 1.34 %. Количество автомобилей Узбекистана к началу 2014 г. достигло более 2400.0 тыс., из них 1960.0 тыс. относится к частным владельцам, что по сравнению с 2000 г. больше на 70 %. Весомая доля количества автомобилей приходится на большие города: так, в Ташкенте насчитывается 570.0 тыс. автомобилей.

Автомобиль является одним из больших потребителей нефтепродуктов и наносит существенный вред окружающей среде. Кроме того, в процессе его обслуживания и содержания потребляются другие виды энергии и природные ресурсы. Сложной становится организация дорожного движения. В городских условиях наблюдаются транспортные «пробки», вызывающие неравномерное движение автомобиля с перерасходом топлива и повышенным токсичным выхлопом газов. Несмотря на эти факторы, в экономике и социальной сфере потребность в автомобилях растет.

Существует ряд методов определения нормы расхода топлива. Объединение их в единую методику весьма затруднительно из-за различия подходов к определению нормы в различных странах автопроизводителей, зависящих от условий эксплуатации и уровня требований. Такая проблема наблюдается и при оценке токсичности выхлопных газов.

Широко распространенным методом является нормирование расхода топлива и определение токсичности на стандартных ездовых циклах движения автомобиля. В различных странах имеются свои нормированные ездовые циклы и более 55 из них проанализированы нами. Ездовые циклы характеризуют режим движения автомобиля и определены для конкретных эксплуатационных условий. В городских условиях движения автомобиля неустановившийся режим по времени достигает 70 %. Протяженность участков фаз разгона и замедления составляет 70 – 80 % от общего пройденного пути автомобилем. С развитием интенсивности движения автомобиля, дорожной сети и организации дорожного движения меняется и характерный режим движения на данной ме-

стности. Каждый город, местность, где эксплуатируются автомобили, отличаются по стилю движения. Особенность этого сказывается на расходе топлива. Развитие применения информационных технологий со средствами бортовых, дистанционных и центральных аппаратур позволит повысить корректность решения анализируемого вопроса [1].

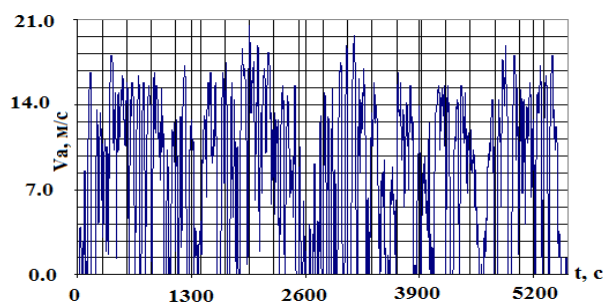
Нормирование расхода топлива автомобилем осуществляется по методике, установленной в О'z RH 88.20-01:2003 «Нормы расхода топлива и смазочных материалов автомобильным подвижным составом и строительно-дорожными машинами», которая требует проведения научных исследований по актуализации нормативов с учетом современности конструкций автомобилей.

В Узбекистане принято оценивать топливную экономичность автомобиля по ГОСТу 20306-90, интегрированному с международным документом «Правила ЕЭК ООН» № 83, основывающемся на европейском ездовом цикле, введенным в действие в 1985 г. В нашей республике из-за ограниченности в испытательном оборудовании им на практике не пользуются. Приведенные в нем ездовые циклы получены экспериментальным путем для условий эксплуатации на тот период. Так как ездовые циклы непосредственно зависят от количества и назначения эксплуатируемых автомобилей, оснащенности и разновидности дорог, необходимо своевременное обновление ездовых циклов. Для основных городов нашей республики не имеются соответствующие нормированные ездовые циклы.

Характеристики различных ездовых циклов обосновываются показателями фаз этих циклов, т.е. такими, как время, максимальная скорость, средняя скорость, максимальное ускорение, замедление, среднее ускорение/замедление и количество остановок, которые в различных циклах различны. Ездовые циклы создаются для оценки эффективности работы автомобиля в конкретных условиях эксплуатации [2].

Для составления городского режима движения необходимо определить фактическую скорость, ускорение, максимальную скорость, максимальное ускорение, максимальное замедление, среднюю скорость, среднее ускорение, пройденный путь, количество остановок, время и количество переключения передач.

Предварительные экспериментальные исследования показали значительное различие по режимам движения легкового автомобиля в условиях города Ташкента в сравнении с нормативным ездовым циклом [2] (рисунок, таблица). Эксперимент проведен на 4-х маршрутах с различной загруженностью потока транспортных средств (Самарканд дарвоза – Чукурсой, Чукурсой – Ибн Сино, ТАДИ – Самарканд Дарвоза, ТАЙИ – массив Феруза).



Результаты экспериментальных исследований

Осредненный результат предварительных экспериментальных исследований

Режим движения	По данным эксперимента, %	По ГОСТу 20306-90, %	Различие, %
Холостой ход	16.247	11.273	+32.3
Ускорение	36.568	28.732	+27.2
Замедление	29.705	27.344	+ 8.6
Движение с постоянной скоростью	17.480	32.651	-46.5

Результаты показывают значительное отличие настоящих городских ездовых условий от нормативных.

В настоящее время не имеется методики сравнительной оценки стандартизированных ездовых циклов. У всех стандартизированных ездовых циклов параметры являются разными и на

современных автомобилях применяются силовые установки с различными видами топлива. Так как ездовой цикл – один из основных определяющих в энергопотреблении транспортного средства, целесообразно рассмотреть проблему энергетической оценки автомобиля.

На основании вышеизложенного можно утверждать об актуальности проблемы энергетической оценки автомобиля независимо от вида потребляемого топлива и разработки новых методов нормирования расхода топлива для современных условий эксплуатации.

Системный подход в решении проблемы, основанный на анализе существующих исследований, предопределяет следующие задачи:

- анализ известных методов оценки и определения норм расхода топлива автомобилям, эксплуатируемым в условиях города;
- сравнительный анализ и оценку энергоёмкости типовых ездовых циклов для определения причин разновидности и общности;
- разработку метода определения нормируемого ездового цикла для конкретных условий эксплуатации, для городов с отличающимися интенсивностью и режимами движения;
- разработку метода применения достижений информационных технологий в процессе определения энергетической эффективности автомобилей;
- разработку экспериментально-расчетной программы для оценки энергетической эффективности автомобиля при использовании информационных технологий;
- разработку рекомендаций и нормативного документа для оценки энергетической эффективности автомобиля на маршруте.

Разработка методологии оценки энергетической эффективности автомобилей, эксплуатируемых в городских условиях, и рекомендаций, позволяющих создать руководящий документ по нормированию расхода топлива, будет способствовать росту энергетической эффективности автомобиля.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Федосов В.П., Сытенький В.Д. Автомобильная электроника. Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1998. – 73 с.
- [2] Правила ЕЭК ООН N 83 "Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств, в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей".

Ташкентский автомобильно-дорожный институт

Дата поступления
19.11.2015

К.З. Зияев. Шаҳар шароитида энгил автомобилларнинг самарадорлигини баҳолаш

Автомобиль конструкцияларини ривожланиши, автомобиллар сонини ортиши ҳамда қўлланилатган ёқилги турларини кўпайиши натижасида автомобилни ёнгли тежамкорлик хусусиятини баҳолашда янги ёндашув талаб қилмоқда. Мақолада шаҳар шароитида энгил автомобилларни самарадорлигини баҳолаш услубини зарурати асоси ва масаллари ёритилган.

K.Z. Ziyayev. The state of the question of assessing the effectiveness of car efficiency in urban environments

Design development and growth in the number of vehicles and the increase in varieties of fuel requires a modern approach to estimating fuel-economic characteristics of cars. The article discusses the foundations and objectives method of evaluation of car efficiency in urban environments.

Ж.К. ИШЧАНОВ, С.И. ХУДАЙКУЛОВ, Ё.ШЕРМАТОВ, М.А. ЯКУБОВ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОСТА И РАЗВИТИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Закономерность движения потока питательного вещества и рост растения зависят от степени поглощения питательного вещества растением. Параметры роста сельхозкультур зависят от механического состава почвы, степени засоления, мелиоративного состояния и водно-физических и химических (анионов и катионов) свойств орошаемых земель. На основе методов математического моделирования многофазных сред нами исследован процесс впитывания растениями питательных веществ, а также азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы, ионов солей, хлора и натрия.

Примем, что поглощение поровых растворов корнями растений следует закону взаимопроникания, связывающему концентрацию потока внутри корня. Предположим, что питательные элементы переносятся через почву к корням в конвективном потоке воды, вызванном поглощением воды растением, т.е. эватрасперацией с листом растения, что и объёмные концентрации воды и поровых растворов переменны.

С учетом определенных граничных условий уравнение неразрывности можно использовать для расчета изменений градиента концентрации в радиальном направлении от корня. В свою очередь, это позволяет рассчитать изменение концентрации в поровом растворе у поверхности корня [1 – 3].

Создание модели на основе уравнений неразрывности основано на следующих допущениях:

1. Почва гомогенна и изотропна.
2. Влажность почвы остается постоянной вблизи значений полевой влагоемкости. При расчете потока поровых растворов предполагается отсутствие градиента влажности, перпендикулярного к корню, а уровень влажности и ее градиент обычно относительно плоские.
3. Питательные вещества поглощаются только из поровых растворов у поверхности корня.
4. На поток питательных веществ не влияют корневые выделения или микробиологическая активность на поверхности корня.
5. Передвижение поровых растворов к корню обеспечивается массовым потоком органических смесей и диффузией.

Величина поступления ионов в растения из порового раствора зависит от ряда факторов, водно-физических и физико-химических свойств, состава ионов, т.е. от соотношения анионов и катионов в поровом растворе, степени увлажнения, механического состава почвы, климатических условий, агротехники и вегетационного периода возделываемой культуры и пр.

В целом присутствие растворимых солей в почве и соответственно в поровом растворе оказывает негативное влияние на рост и развитие растений, в первую очередь, из-за повышения концентрации порового раствора и одновременного увеличения осмотического давления. Повышение осмотического давления уменьшает доступность влаги для растений. Наблюдения различных исследователей показали, что при осмотическом давлении порового раствора выше 10 – 12 атм растения приостанавливают свое развитие.

Поступление ионов в растение, во многом зависящее от растворимости в воде негигроскопических солей в почве, а также от определяющих механизмов ионного обмена в фазе почва – поровый раствор – растение и характера как сорбционного связывания, происходит в следующей последовательности:



Таким образом, разнотипное засоление и соотношение солевого механического состава почвы обуславливают неравномерность роста, развития корневой и листовой системы.

Поглощения питательных веществ корнями растений, растущих в засоленной почве, моделируем как движение поровых растворов в пористой среде. В силу того, что процессы течения в такой среде отличаются большой сложностью, возникает необходимость в схематизации этих

процессов в модели Х.А. Рахматулина [4].

В модели взаимопроникающих и взаимодействующих сред основным в стеблях растений является уравнение движений, составленное для многофазной жидкости [3].

В работе [3] получены первые интегралы уравнения движения смеси идеальных жидкостей для постоянной и переменной концентраций. Рассматриваемый процесс поглощения поровых растворов корнями растений, растущих в засоленной почве, – баротропический, поэтому давление является функцией истинных плотностей $p=p(\rho_{mi})$. Минерализованный поровый раствор состоит из воды и органической смеси внутри растений, плотность которой равна

$$\rho_{cm} = \rho_1 + \rho_2,$$

где ρ_1 – приведенная плотность воды, равная

$$\rho_1 = \rho_{li} f_1;$$

ρ_2 – плотность питательных элементов, равная

$$\rho_2 = \rho_{2i} f_2;$$

ρ_{li} , ρ_{2i} – истинные плотности; f_1 , f_2 – объёмные концентрации порового раствора и органической смеси внутри растения. Например, в стебле растений, обладающем определенным распределением пор по размеру, впитывание порового раствора происходит лишь при некотором начальном значении градиентов напора

$$I_{cm0}^{\min} = \frac{2\tau_{cm0}}{\rho_{cm} g R_2},$$

где R_0 – максимальный размер пор в образце. И лишь при градиентах напора для порового раствора удовлетворяет условию $I_{cm} > I_{cm0}^{\min}$ и начинается впитывание.

Здесь R – минимальный размер пор в образце. Впитывание станет возможным во всем объеме порового раствора [2, 5].

Суммарный расход впитываемых поровых растворов через гетеропористое тело растений, составленный из непересекающихся цилиндрических пор разных размеров, может быть записан в виде

$$Q_{cm} = \int_{R_*}^R q \frac{\omega n}{\pi R^2} \varphi(R) dR, \quad (1)$$

где $\varphi(R) = \frac{dV}{dR}$, $R_* = \frac{2\tau_0}{I}$; q – расход порового раствора, впитываемого через единичную пору; ω

– площадь сечения образца впитывания $I_{cm0}^{\min} = \frac{2\tau_{cm}}{\rho_{cm} g R}$; n – его пористость; $\varphi(R)$ – функция распределения пор по размерам; R – радиус поры, при данных τ_0 и I находится из условия предельного равновесия течения жидкости; R_2 – максимальный размер пор; V – объем пор. В зависимости от модели для q может быть принята соответствующая зависимость. Течение в гетеропористой среде вязко-пластичной жидкости (ненасыщенной среде), расход которой Q_{cm} , – через цилиндрический капилляр растений определяется уравнением

$$Q_{cm} = \frac{\pi R^4 \Delta P}{8\eta l} \left[1 - \frac{4}{3} \left(\frac{2l\tau_{cm0}}{R\Delta p} \right) + \frac{1}{3} \left(\frac{2l\tau_{cm0}}{R\Delta p} \right)^4 \right]. \quad (2)$$

Выражение (2) называется уравнением Букингема – Рейнера при $\tau_{cm0}=0$, т.е. при отсутствии тангенциальных напряжений переходит в уравнение Пуазейля

$$Q_{cm} = \frac{\pi R^4 \Delta p}{8\eta l}. \quad (3)$$

Если ввести обозначения $\Delta p = \rho_{cm} g H$, $I = H/l$, где g – ускорение силы тяжести; H – гидравлический напор; I – градиент напора для средней скорости потока, получим

$$\bar{V} = \frac{Q_{cm}}{\pi R^2} = \frac{R^2 \rho_{cm} g}{8\eta} I. \quad (4)$$

Уравнение (1) может быть решено, если известна $\varphi(R)$ – функция распределения пор по размерам впитываемых стеблей растений. Н.В. Чураев [6] использует параболическое (симметричное) распределение объема пор по размерам

$$\varphi(R) = -aR^2 + bR - c.$$

Коэффициенты a, b, c определяются из известных геометрических соотношений из условия

$$\int_{R_*}^R \varphi(R) dR = 1, \quad (5)$$

$$a = \frac{3}{4} \sigma^{-3}, \quad b = 2a(R), \quad c = aR_1 R_2,$$

$$\sigma = (R) - R_1 = R_2 - (R),$$

где (R) – средний размер пор поглощающих поровых растворов; σ – характеристика ширины распределения впитываемых пор. При $I \succ I_0^{\max}$ решение, полученное для скорости поглощения

$$\bar{V}_{cm}^{(m)} = \frac{Q}{\omega},$$

имеет вид

$$V = AI - B + \frac{c}{I^3}. \quad (6)$$

Здесь

$$A = \frac{n(R)^2}{8\eta} \left(1 + \frac{\sigma^2}{5(R)^2} \right), \quad B = \frac{n\tau_0(R)}{3\eta}, \quad c = \frac{n\tau_0^4}{\eta\sigma^2} \left(\frac{(R)}{\sigma} \ln \frac{(R)+\sigma}{(R)-\sigma} - 2 \right),$$

если R, σ выразить в метрах, η – в Н·с/м², τ_0 – в Н/м², I – в Н/м³, и n – в долях единицы, то размерность V_{cm} – в м/с. Уравнение (6) отличается от решения для случая пор одинаковых размеров только численными значениями коэффициентов A (c). Для гетеропористого тела значение параметров имеет следующий вид:

$$A = A_1 \left(1 + \frac{1}{5\alpha^2} \right) = A_1 L_1; \quad c = 3\alpha^2 \left(\frac{\alpha}{2} \ln \frac{\alpha+\sigma}{\alpha-\sigma} - 1 \right), \quad c_1 = L_2 c_1,$$

где A_1 и c_1 – соответствующие коэффициенты, полученные для системы с одинаковыми размерами пор; $\alpha = \frac{(R)}{\sigma}$. Для многофазных поровых растворов $\tau_{cm0} = 0$; $B=0$, $c=0$ вместо (6) получим

$$\bar{V}_{cm}^{(m)} = AI, \quad (7)$$

где

$$\bar{V}_{cm}^{(m)} = \frac{\rho_1^{(m)} V_1^{(m)} + \rho_{21}^{(m)} V_2^{(m)}}{\rho_1^{(m)} \rho_2^{(m)}} = \frac{\Phi_0(\bar{V}_n^{(m)})}{\Phi_k^{(m)}},$$

$$\Phi_0(\bar{V}_n^{(m)}) = f_1^{(m)} \bar{V}_1^{(m)} + f_2^{(m)} \rho_i^{(m)} \bar{V}_2^{(m)}, \quad \Phi_k = f_1^{(m)} + \rho_i^{(m)} f_2^{(m)}.$$



Экспериментальные исследования подтверждают существование начальных градиентов давления и начальных градиентов поглощения (рисунок). В общем случае капиллярное давление является неоднозначной функцией влажности, поэтому и величина начального градиента поглощения для данной системы должна изменяться в зависимости от направления процесса впитывания, что можно описать приближенным уравнением движения поровых растворов в ненасыщенной среде.

Исходными в теории движения жидкости ненасыщенной среды являются:

1) закон, связывающий скорость

порового раствора $\bar{V}_{cm}^{(m)}$ с градиентом действующих сил;

2) закон сохранения массы.

В дальнейшем для простоты записи скорости распространения поровых растворов обозначим

$$\bar{V}_{cm}^{(m)} = \bar{V}.$$

Наиболее изучен одномерный поток поровых растворов органической влаги в неизменяемой пористой среде под действием капиллярного давления p . В работе [7] в первом приближении для скорости впитывания порового раствора потока смеси получены выражения

$$V = -K_0(W) \left[\frac{\partial p}{\partial z} - i_0 \right], \quad \left| \frac{\partial p}{\partial z} \right| > i_0, \quad (8)$$

$$V = 0, \quad \left| \frac{\partial p}{\partial z} \right| \leq i_0, \quad (9)$$

где $i_0 = \frac{4}{3} I_0(W, \tau_0)$; z — ордината, в направлении которой движется поток порового раствора. Учитывая, что капиллярное давление является функцией влажности W , согласно закону [1] сохранения массы, получим

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ K_0(W) \left[\frac{\partial p}{\partial z} - i_0 \right] \right\}, \quad \left| \frac{\partial p}{\partial z} \right| > i_0, \quad (10)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left\{ D(W) \left[\frac{\partial W}{\partial z} - i_0 \right] \right\}, \quad \left| \frac{\partial W}{\partial z} \right| > i_0, \quad (11)$$

Здесь t — время. Если величиной i_0 пренебречь, (10) и (11) перейдут в уравнения передвижения порового раствора в пористой среде и примут следующий вид:

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K_0(W) \frac{\partial p}{\partial z} \right], \quad (12)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D(W) \frac{\partial W}{\partial z} \right]. \quad (13)$$

В последнем случае передвижение порового раствора в пористой среде трактуется как диффузионный процесс с коэффициентом капиллярной диффузии $D(W)$, зависящим от минерализации. Расчет по (12) и (13) не всегда совпадает с экспериментом [1, 2, 8]. Одна из причин такого несовпадения связана с допущениями, сделанными при переходе от уравнения скорости

$$V = -K_0(W) \left[1 - \frac{3}{4} \frac{I_0(W, \tau_0)}{I} + \frac{1}{3} \frac{I_0(W, \tau_0)^4}{I} \right] \quad (14)$$

к (1) и в дальнейшем от (11) и (12) к (13) и (14), и заключается в пренебрежении отличием реологических свойств порового раствора жидкости от ньютоновских.

Наряду с особенностями поведения порового раствора, объясняемыми его реологическими свойствами и гистерезисом, наблюдаются и другие явления, не объясняемые диффузионной теорией, а именно: факт передвижения порового раствора в изотермических условиях из зоны с меньшей засоленностью через более засоленную зону к поверхности испарения [1, 6]. Эту особенность поведения порового раствора можно объяснить, исходя из следующих соображений. Экспериментально установлено, что численные значения капиллярного потенциала засоления p для одной и той же засоленности существенно различны для неустановившегося течения и в состоянии равновесия. Таким образом, капиллярный потенциал порового раствора должен рассматриваться как функция не только засоленности, но и скорости ее изменения в данной точке:

$$\frac{\partial W}{\partial t}, \text{ т.е. } p = p\left(W, \frac{\partial W}{\partial t}\right).$$

Тогда

$$\frac{\partial p\left(W, \frac{\partial W}{\partial t}\right)}{\partial z} = \frac{\partial p}{\partial W} \frac{\partial W}{\partial z} + \frac{\partial p}{\partial\left(\frac{\partial W}{\partial t}\right)} \frac{\partial \frac{\partial W}{\partial t}}{\partial z} \quad (15)$$

с учетом (15) вместо (13) следует записать как

$$\frac{\partial \bar{W}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[D \frac{\partial W}{\partial t} + A \frac{\partial^2 \bar{W}}{\partial z \partial t} \right], \quad (16)$$

где

$$D = K \frac{\partial p}{\partial \bar{W}}, \quad A = K \frac{\partial p}{\partial \frac{\partial \bar{W}}{\partial t}}.$$

Второй член правой части (15) может иметь знак, отличный от знака D , $\partial \bar{W} / \partial z$ и, следовательно, перенос порового раствора стеблями растений может происходить в направлении повышения концентрации $\bar{W}$. Для случая

$$A \frac{\partial^2 \bar{W}}{\partial z \partial t} \leq D \frac{\partial \bar{W}}{\partial z},$$

реализующегося в процессе переноса органической влаги в условиях слабовыраженной нестационарности, вместо (16) получим известное нелинейное уравнение диффузии (13).

В совокупности с начальными и граничными условиями решение уравнения (16) должно дать распределение порового раствора во времени для случая, когда не стационарностью процесса нельзя пренебречь.

Из выражения (16) можно получить изменение скорости $\partial W / \partial z$ порового раствора, т.е. накопление порового раствора на поверхности ненасыщенной среды.

Решение полученного уравнения позволяет описать изменение во времени потока порового раствора на поверхности корня. Когда часть поровых растворов веществ поступает за счет диффузии, прикорневая концентрация по мере их поглощения снижается (см. рисунок). В свою очередь снижение объёмных концентраций порового раствора приводит к постепенному уменьшению потока вовнутрь. В этих условиях можно определить общее поглощение, суммируя поток вовнутрь по времени; такой подход допустим применительно к нерастущему корню. Обычно в случае однолетних растений развитие начинается с семени, и у растения постоянно образуются новые корни. Поглощение порового раствора в каждом новом корне начинается в более поздний момент времени в течение вегетационного периода.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бондаренко Н.Ф. Физика движения подземных вод. Л.: Гидрометеиздат, 1973.
- [2] Нерпин С.В., Юзефович Г.И., Янгабер В.А. О расчете нестационарного движения влаги в почве // Докл. ВАСХНИЛ. 1966. № 6.
- [3] Хамидов А.А., Худайкулов С.И. Теория струй смеси многофазных жидкостей. Ташкент: Фан, 2003.
- [4] Дмитриев С.И., Нечаев В.К. К вопросу о применимости уравнения диффузии для изучения явления влагопроводности в почвогрунтах // Труды ЛГМИ. Вып. 13. Л., 1962.
- [5] Будзко И.И., Нерпин С.В., Эбин Л.Е., Якобс А.И. и др. Применение теории переноса энергии и массы для расчетов и прогнозирования в сельском хозяйстве // Вестник сельхоз. науки. 1963. № 1. С. 94.
- [6] Чураев Н.В. Фильтрация структурированных жидкостей через гетеропористые тела // Изв. АН СССР. МЖГ. 1966. № 1.
- [7] Худайкулов Б.С., Махмудов И.Э., Яхшибоев Д.С. Движение дисперсной смеси в неоднородной среде к скважине // Узбекский журнал «Проблемы механики». 2013. № 3 – 4. С. 147 – 152.
- [8] Крамаровская И.И. Вопросы фильтрации при неполном насыщении. Ташкент: Фан, 1991. – 164 с.

Научно-исследовательский институт
иригации и водных проблем при ТИИМ

Дата поступления
24.09.2015

Ж.К. Ишчанов, С.И. Худайкулов, Ё.Шерматов, М.А. Якубов. Қишлоқ хўжалиги экинларининг ўсиши ва ривожланиши жараёнини математик моделлаштириш

Ўсимлик илдизларига аралашмали ўғитларнинг сингишининг аналитик ифодалари келтирилади. Ўсимлик илдизи сиртида шимилганган аралашма концентрациясининг ўзгариши қонуниятлари берилади.

J.K. Ishchanov, S.I. Khudaykulov, E. Shermatov, M.A. Yakubov. Mathematical modeling of agricultural produce growth and development

There are analytical dependences which describes how roots absorb aperture solution. The changes of aperture solution on surface of root were analyzed in the article.

УДК 677.01

А.П. МАВЛЯНОВ, Б.А. БОЙХАНОВ, А. ДЖУРАЕВ, Д.Ю. МИРАХМЕДОВ

РАСЧЕТ РАЗМАХА УГЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ КОЛКОВОЙ ГАРНИТУРЫ СОСТАВНОГО БАРАБАНА ОЧИСТИТЕЛЯ ХЛОПКА ОТ МЕЛКОГО СОРА

Основным рабочим органом очистителя хлопка от мелкого сора является колковый барабан [1]. Главным недостатком существующей конструкции является низкий эффект очистки хлопка из-за монотонности взаимодействия колков с хлопком. Важным является активизация действия колков на очищаемый хлопок.

В предлагаемой конструкции колкового барабана на приводном валу 1 посредством шпонок 3 установлены фланцы 2. На наружной поверхности фланца 2 жестко установлена резиновая втулка 4, на которую надета и жестко (винтовое соединение) соединена наружная втулка (полый цилиндр) 6. На ее поверхности жестко установлены колки 5 с определенной последовательностью (рис. 1) [1, 2].

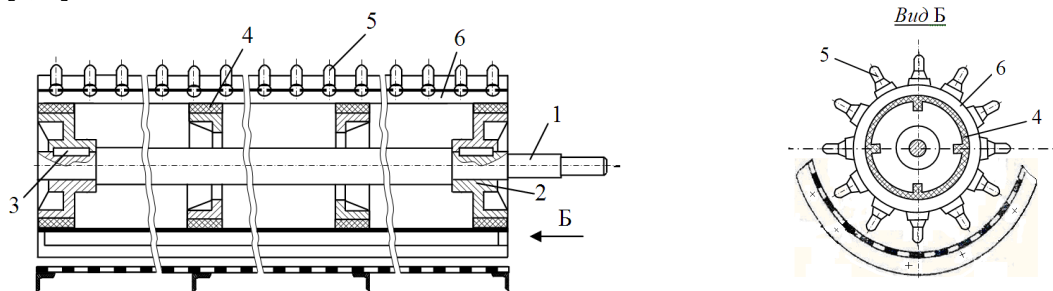


Рис. 1. Колковый барабан с упругими элементами

Важным является определение амплитуды круговых колебаний колкового барабана, от которого зависит эффект очистки хлопка.

Для определения амплитуды угловых колебаний колковой гарнитуры барабана систему рассмотрели как двухмассовую ротационную. При этом система дифференциальных уравнений, описывающих динамику системы в установившемся режиме, имеет вид

$$\begin{aligned} J_1 \ddot{\varphi}_1 &= M_y \sin \omega t - c(\varphi_1 - \varphi_2) - b(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2), \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 &= b(\dot{\varphi}_1 - \dot{\varphi}_2) - c(\varphi_1 - \varphi_2) - M_c, \end{aligned} \quad (1)$$

где J_1, J_2 – моменты инерций внутреннего цилиндра с фланцами 2 и нагруженного цилиндра 6 с гарнитурой колкового барабана 5; φ_1, φ_2 – угловые перемещения внутреннего цилиндра 2 и колковой гарнитуры 6; c, b – коэффициенты жесткости и диссипации упругого элемента 4; M_y – амплитуда возмущения в установившемся режиме; M_c – сопротивление от протаскиваемого хлопка-сырца.

Для определения в установившемся режиме колебаний системы решение (1) ищем в виде [3]

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= A \sin \omega t + B \cos \omega t, \\ \varphi_2 &= C \sin \omega t + D \cos \omega t. \end{aligned} \quad (2)$$

Для определения произвольных постоянных A, B, C, D получили соответствующие уравнения. В окончательном виде имеем выражения для определения амплитуд колебаний внутреннего цилиндра 2 и соответствующего цилиндра с колками 6 барабана:

$$\varphi_1 = \sqrt{A^2 + B^2}, \quad \varphi_2 = \sqrt{C^2 + D^2}, \quad (3)$$

где

$$A = \frac{M_y}{k} [(c - J_1 \omega^2)(J_2^2 \omega^4 + b^2 \omega^2) - J_2 b^2 \omega^4], \quad B = \frac{M_y}{k} b J_2^2 \omega^5,$$

$$C = \frac{M_y}{k} [(c - J_1 \omega^2)b^2 \omega^2 - J_2 b^2 \omega^4], \quad D = \frac{M_y}{k} J_2 b \omega^2 (c - J_2 \omega^2),$$

$$k = \begin{vmatrix} c - J_1 \omega^2 & -b\omega & 0 & b\omega \\ b\omega & c - J_1 \omega^2 & -b\omega & 0 \\ 0 & b\omega & -J_2 \omega^2 & -b\omega \\ -b\omega & 0 & b\omega & -J_2 \omega^2 \end{vmatrix}.$$

Численное решение задачи осуществлено при следующих значениях параметров: $M_y = 1.5 - 2.0$ Нм; $\omega = 45 - 50$ с⁻¹; $c = 400 - 600$ Нм/рад; $b = 7.2 - 10$ Нмс/рад. На основе численного решения задачи получены графические зависимости изменения $\Delta\varphi_2$ от вариации M_c, J_2 и c , которые представлены на рис. 2 и 3.

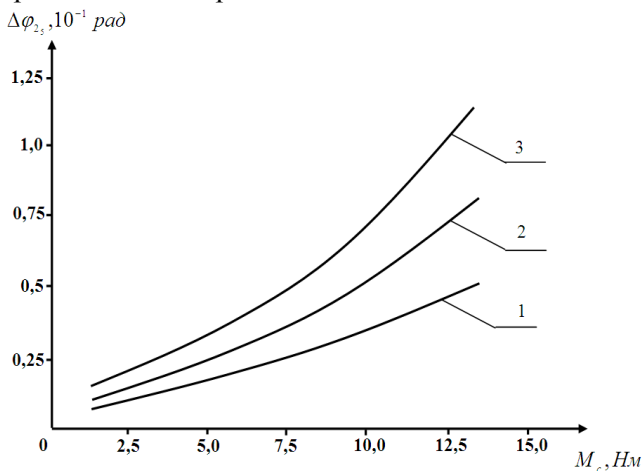


Рис. 2. Графические зависимости изменения размаха колебаний угловых перемещений колковой гарнитуры от технологической нагрузки при c , равном, Нм/рад: 1 – 800; 2 – 600; 3 – 400

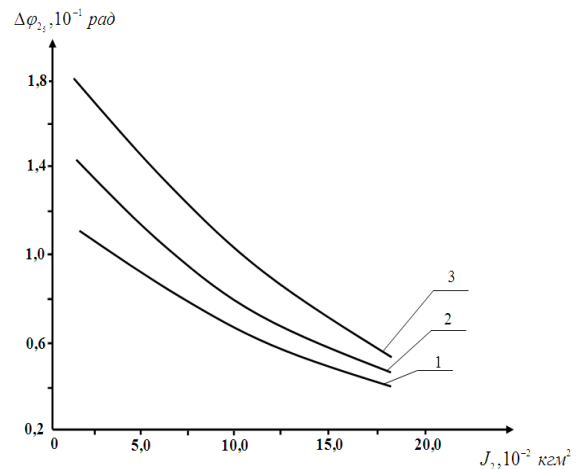


Рис. 3. Зависимости изменения размаха колебаний колковой гарнитуры от изменения ее момента инерции и коэффициента жесткости упругого элемента при c , равном, Нм/рад: 1 – 800; 2 – 600; 3 – 400

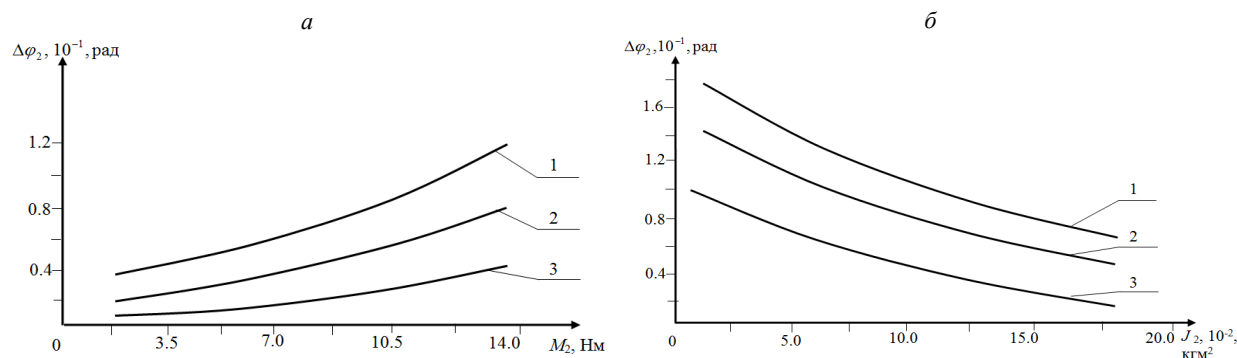


Рис. 4. Графические зависимости изменения размаха колебаний угловых перемещений колковой гарнитуры от технологической нагрузки (а) и от момента инерции колковой гарнитуры при вариации значений коэффициента диссипации упругого элемента при b , Нм/рад: 1 – 6.5; 2 – 12; 3 – 20

С увеличением значений жесткости упругого элемента амплитуда колебаний φ_1 и φ_2 уменьшается. Как установлено, с увеличением технологического сопротивления от протаскиваемого колковым барабаном хлопка-сырца по нелинейной закономерности увеличивается размах угловых колебаний колковой гарнитуры барабана. Так, при $c=400$ Нм/рад и возрастании M_c от 2.5 до 12.5 Нм размах колебаний $\Delta\varphi_2$ увеличивается от 0.01 до 0.054 рад, а при $c=800$ Нм/рад размах угловых перемещений $\Delta\varphi_2$ находится в пределах $(0.24 - 1.03) \cdot 10^{-1}$ рад. Для выбора необходимых амплитуд угловых колебаний колковой гарнитуры целесообразными считаются значения момента инерции J_2 .

Согласно данным анализа на рис. 3, при увеличении J_2 от 0.042 до 0.17 кгм² размах $\Delta\varphi_2$ уменьшается от 0.16 до 0.059 рад при $c=400$ Нм/рад, а при значении коэффициента жесткости упругой резиновой втулки 600 Нм/рад $\Delta\varphi_2$ уменьшается от 0.127 до 0.052 рад. Для обеспечения размаха угловых колебаний колковой гарнитуры барабана в пределах 0.08 – 0.11 рад рекомендуемыми значениями являются $J_2=0.068 - 0.12$ кг м², $c=550 - 650$ Нм/рад.

Следует отметить, что на колебания угловых перемещений φ_2 значительно влияет коэффициент диссипации упругого элемента (рис. 4 а, б). Так, с увеличением M_2 от 3.1 до 13.2 Нм размах $\Delta\varphi_2$ возрастает от 0.038 до 0.123 рад при $b=6.5$ Нм/рад, а при $b=20$ Нм/рад увеличение размаха колебаний значительно уменьшается от 0.018 до 0.052 рад (см. рис. 4, а). Эта закономерность сохраняется и при вариации момента инерции колковой гарнитуры (см. рис. 4, б). Так, при возрастании J_2 от $2.0 \cdot 10^{-2}$ до $17.4 \cdot 10^{-2}$ кгм² размах колебаний уменьшается от 0.076 до 0.066 рад при $b=6.5$ Нм/рад, а при $b=20$ Нм/рад размах колебаний $\Delta\varphi_2$ уменьшается от 0.098 до 0.0207 рад. Для обеспечения необходимых амплитуд колебаний колковой гарнитуры рекомендуемым значением коэффициента диссипации является 8.4 – 11.7 Нм/рад.

Таким образом, рекомендована новая составная конструкция колкового барабана, получены формулы для расчета амплитуды колебаний колков в установившемся режиме движения и обоснованы параметры системы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мирошниченко Г. И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. М.: Машиностроение, 1972. – 486 с.
- [2] Джураев А. и др. Очистительная секция хлопкоочистительного агрегата. Патент РУз. № FAP 00948 // Бюлл. 2014. № 9.
- [3] Светлицкий В. А. и др. Сборник задач по теории колебаний. М.: Высшая школа. 1973. – 456 с.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Дата поступления
23.04.2015

А.П. Мавлянов, Б.А. Бойханов, А. Джураев, Д.Ю. Мирахмедов. Пахтани майда чиқиндилардан тозалагичи барабани қозикли гарнитурасининг тебранишидаги бурчак тезлиги қамровини ҳисоби

Мақолада пахтани дастлабки ишлаш технологияси тизимидан майда чиқиндилардан тозалаш машинасининг таркибли қайишқоқ элементли қозикчали барабанчасининг янги конструктив схемаси келтирилган. Таркибли қозикли барабанни икки массали айланма ҳаракат қилувчи система сифатида қаралиб ҳаракат қонунларини белгилловчи дифференциал тенгламалар системаси келтирилган. Қозикли гарнитуранинг буралиш бурчакларини қамров қиймат-

ларини ўзгариш қонуниятларини ифодаловчи графиклар қурилган. Таҳлиллар асосида системанинг мақбул параметрлари тавсия қилинган.

A.P. Mavlyanov, B.A. Boyhanov, A. Dzhuraev, D.J. Mirahmedov. Calculation of scope of angular fluctuations of the picket reel of the cleaner of the clap from small objection

In article the new constructive scheme of picket reel of the machine for cleaning of small obstruction in the product line of the preprocessing of a clap is displayed. The system of the differential equations, describing laws of movement of two-mass system compound of picket reel is resulted. Graphic dependences defining laws of change of scope of angular fluctuations sets of picket reel of a cleaner depending on the moment of inertia and technological resistance are constructed. On the basis of the analysis of schedules necessary parameters of system are recommended.

УЎК 666.017: 621.78.011

Б.К. ТИЛАБОВ

РЕСПУБЛИКА ЦЕМЕНТ САНОАТЛАРИДАГИ БАРАБАН ТЕГИРМОНЛАРИ УЧУН ҚУЙМА ЕЙИЛИШГА БАРДОШЛИ ЦИЛЬПЕБСЛАР ТАЙЁРЛАШ МУАММОЛАРИНИ ЕЧИШ

Маълумки, республикадаги цемент ишлаб чиқариш саноатларида доимий айланма ҳаракатда ишлайдиган барабан тегирмонларининг кўпчилик қуйма цельпебслари ҳар хил маркали чўянлардан тайёрланади ва ишқаланиш шароитида ишлаганлиги учун тезроқ ейилиб ишдан чиқади [1]. Шунинг учун бу цельпебсларнинг ишга яроқлилиги ва ишлаш муддати чет эл корхоналарида ишлаб чиқилган цельпебсларга қараганда жуда ҳам кам соат ишлайди. Масалан, чет эл корхоналарида ишлаб чиқилган цельпебслар 350 – 400 соатгача ишласа (HRC=56 – 57), ўзимизни корхоналарда ишлаб чиқилган цельпебслар эса 168 – 192 соатгача ишлайди (HRC=40 – 42).

Мавжуд технология бўйича «Дальварзин таъмирлаш заводи» МЧЖ да ишлаб чиқарилаётган цельпебсларнинг ишлаш муддати ҳам 168 – 192 соатни, қаттиқлиги эса (HRC=41 – 43) ташкил этади.

Шу сабабли республикадаги цемент саноатларидаги амалий муаммолар ечимини ҳал этиш мақсадида «Дальварзин таъмирлаш заводи» МЧЖ нинг қуймакорлик цехида 2010 – 2014 йиллар давомида янги кимёвий таркибли технология бўйича ИЧХ28Н2 хил маркали юқорихромланган оқ чўяндан қуйма цельпебслар ишлаб чиқариш йўлга қўйилди [2]. Бу цельпебсларнинг ишлаш қобилияти абразив ейилишга қаршилиги билан чекланади.

Илмий ишнинг мақсади шуки, «Дальварзин таъмирлаш заводи» МЧЖ да ишлаб чиқарилаётган қуйма цельпебсларнинг кимёвий таркибини коррективроқлаб оптималлаш, ички структураларини нормал ҳолатга келтириш, механик хоссаларини яхшилаш ва оптимал икки марта фаза қайта кристалланиш термик ишлов бериш режимларини ишлаб чиқиш ва ейилишга бардошлилигини икки ва ортқ мартагача оширишдан иборат.

Юқорихромланган оқ чўяндан ишлаб чиқилган қуйма цельпебсларнинг кимёвий таркиблари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Қуйма цельпебсларнинг кимёвий таркиблари % ҳисобида

Чўян маркази ва қуйма №	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	M ₀
1) Импортли цельпебс	2.86	0.316	1.40	0.028	0.010	27.30	0.529	0.045
2) Стандартли цельпебс	2.5–3.0	0.7 – 1.4	0.8 – 1.0	0.06	0.1	28 – 30	1.5 – 2.0	-
3) Мавжуд ўзимизни цельпебс ИЧХ28Н2	2.43	0.56	0.67	0.066	0.085	20.21	0.76	0.032
4) Тажриба-экспериментли цельпебслар ИЧХ28Н2								
1 - қуйма	2.82	0.75	0.82	0.035	0.015	20.23	1.43	0.021
2 - қуйма	2.88	0.79	0.85	0.023	0.010	23.25	1.52	0.014
3 - қуйма	2.86	0.82	0.96	0.010	0.008	25.27	1.78	0.006
4 - қуйма	2.89	0.87	0.99	0.005	0.003	26.28	1.63	0.002
5,8 - қуйма	2.87	0.89	1.00	0.005	0.003	27.13	1.36	-
9 - қуйма	2.4–2.8	0.8–1.6	0.9–1.2	0.04	0.03	27.29	1.2–1.5	-
10 - қуйма	2.5–3.1	0.6–1.4	0.7–1.0	0.03	0.1	29.32	0.8–1.2	-

Чет эл корхоналари ва «Дальварзин таъмирлаш заводи» да ишлаб чиқилган ишчи цилипебсларнинг ишидаги фарқларини тушунтириш мақсадида материалларнинг махсус илмий-тадқиқот синовлари ўтказилди. Шу билан биргаликда 2012 йил октябрь-март ойларида (ДТЗ) куймакорлик цехида ҳар куни ҳар хил қолипларга куйилган куйма оқ чўянларнинг кимёвий таркиблари таҳлил қилиниб ўрганилди, яъни бу чўяннинг кимёвий таркиби етарли даражада жуда кенг миқдорда ўзгаради, онда-сонда стандарт маркали оқ чўянни белгиланган таркибидан чиқиши кузатилди. Тажриба-эксперимент синовлари вақтида асосий элементлар таркиби ва фосфор миқдори бўйича бир нечта куйма заготовкalar ажратиб олинди. Металл куйилгунга қадар С, Мн, Сг, Ni элементлар фоизи қисман кўпайтириб борилди ва ҳар бир куйма заготовка ва намуналар лаборатория таҳлилларидан ўтказилди, ўрганиб чиқилди ва ҳамма элементлар миқдори 1-жадвалга жамлаб кўрсатилди [2].

Асосий синовлар вақтида ҳақиқий эталон сифатида чет эл корхоналарида юқорихромланган оқ чўяндан ишлаб чиқилган ва ўзини ишлаш муддатини ўтаган ишчи цилипебслардан кесиб олинган намуналарнинг кимёвий таркиблари ва чўяннинг структура параметрларини ўрганишда фойдаланилди [3]. Тажриба-эксперимент синовлари ўтказилган чўян намуналарнинг кимёвий таркибларини натижалари шуни кўрсатдики, ҳамма куймалар асосий элементлари бўйича таниқли маркага деярли мос келади, аммо уларда куйидаги камчиликлар ва фарқлар кузатилди:

– «ДТЗ» МЧЖ да ишлаб чиқилган куйма намуналарда С, Si, Мн миқдорлари камроқ, Р, S миқдорлари ниҳоятда кўпроқ, Ni миқдорини нисбатан ошириб, Сг миқдорини эса 28-30% гача кўпайтириш керак;

– **1, 2, 3** - куймалардаги Р, S миқдорларини камайтириб бориш, Сг миқдорини эса кўпайтириш керак;

– **4, 5, 8** - куймалардаги Р миқдорларини нисбатан камайтириш керак;

– **9, 10** - куймалардаги ҳамма элементлар миқдори коррективка қилиниб оптимал ҳолатга келтирилган ва ишлаб чиқаришга тавсия этилган.

Куймалардаги барча элементлар миқдори коррективка қилиниб, оптимал ҳолатга келтирилгандан сўнг, «ДТЗ» МЧЖ да айнан 9,10 – куймалар бўйича цилипебслар ишлаб чиқариш тавсия этилди. Шу куйма цилипебсларнинг умумий кўриниши 1-расмда тасвирланган.



1-расм. «ДТЗ» МЧЖ да юқорихромланган оқ чўянлардан тайёрланган куйма цилипебсларнинг умумий ташқи кўриниши

Юқорихромланган оқ чўянлардан тайёрланган куйма цилипебсларнинг ички кучланишларини йўқотиш, кесиб ишланувчанлигини яхшилаш ва структураларни мустаҳкамловчи термик ишловга тайёрлаш учун $700 - 720^{\circ}\text{C}$ да бир неча соат давомида юмшоқ юмшатувчи ва кейин печь билан бирга совитилганда қаттиқлиги $\text{HRC}=39 - 45$ бўладиган жараён ўтказилди [4], бу юмшатиш фазасиз қайта кристалланишнинг биринчи жараёни ҳисобланади.

Бизни тажрибаларимизда чўян намуналарнинг ҳаммаси $700 - 720^{\circ}\text{C}$ ҳароратда икки соат мобайнида юмшатилиб печь билан биргаликда совитилди. Ўтказилган тажрибаларнинг натижалари 2-жадвалда келтирилган.

Келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, $700 - 720^{\circ}\text{C}$ ли ҳароратда юмшатилгандан кейин қаттиқликнинг рамкадаги қиймати $\text{HRC}=39 - 46$ ҳар бир куйма намуналарда ҳам кузатилмади. Бизга маълумки, юқорихромланган чўяндаги 30 % Сг миқдори, углерод миқдорини ошириш меъёрида γ -област кенгайди ва структуранинг асосидаги феррит сони камайди. Аммо γ -областни никел кенгайтиради, кремний эса қаттиқ аралашмани пасайишини ва углеродни диффузияланишини қийинлаштиради. Шунинг учун элементларнинг суммарий миқдори 4.5% (С, Ni, Si) атрофида бўлиши керак. Агар

юқорихромланган оқ чўян таркибида углерод миқдори 3 % дан ошса, бу мақсадга мувофиқ эмас, чунки бу йўғон бирламчи карбидли эвтектикадан кейинги чўян бўлиб қолади, йўғон кристалли карбидлар эса намуна тайёрлаш жараёнида ишқаланиб ёрилиб кетади ва кучланиш таъсирида бўялади ҳамда макроструктурасида микроёриғли дарзлар ҳосил бўлади.

2-жадвал

Қуйма цильпебсларнинг кимёвий таркиби ва юмшатиш қаттиқликларининг фарқи

№ т/р	Цильпебс буюмлар қуймаси	Асосий элементлар, %					$\Sigma C, Ni, Si$	HRC		HRC фарқи
		C	Cr	Ni	Mn	Si		Юмша-тишгача	Юмша-тишдан кейин	
1.	Импортли ишчи цильпебс	2.86	28.31	0.538	1.38	0.317	3.22	57	44	13
2.	Мавжуд ишчи цильпебс (ДТЗ) МЧЖ	2.43	20.21	0.76	0.67	0.56	4.3	45	35	10
3.	Тажрибали 8-қуйма	2.87	27.13	1.36	1.00	0.89	3.26	53	41	12
4.	Тажрибали 9-қуйма	2.4–2.8	27.29	1.2–1.5	0.9–1.2	0.8–1.6	3.23	55	45	10
5.	Тажрибали 10-қуйма	2.5–3.0	29.32	0.8–1.2	0.7–1.0	0.6–1.4	3.20	57	46	11

Чет эл корхонасида ва «ДТЗ» МЧЖ да ишлаб чиқилган ишчи цильпебсларнинг ейилишга бардошлилиги ва структура параметрлари бўйича тенглаштирувчи натижаларни олиш учун ўз эксплуатация хизмат муддатини ўтаб бўлган цильпебслардан махсус размерли намуналар кесиб олинди ва шу деталлардаги камчиликларни ўрганиш бўйича кўп марталик ҳар хил тажриба-экспериментлари ўтказилди. Хусусан, намуналар ва цильпебсларни қуйиб олиш таҳлиллари, кимёвий таҳлиллар, спектрал таҳлиллар, рентгеноструктуравий таҳлиллар [5], макро ва микро таҳлиллар, механик хоссалари бўйича таҳлиллар, абразив ейилишга бардошлилик таҳлиллари [6], оптимал термик ишлов бериш режимлари ва бошқалар киради.

Ер формасида махсус тайёрланган қуйма намуналарнинг қаттиқлигини, микроқаттиқлигини ўлчаш, рентгеноструктуравий фазалар таҳлилинини ўрганиш ва микроаниқликлар бўйича илмий-тадқиқот ишларини бажардик. Иккала ҳолатда ҳам чўянларнинг макроструктураси тик таёқчалар кўринишида бўлиб, қачонки форма юзасида карбидлар кристаллари перпендикуляр бўлсагина, эвтектикага яқин структура ҳосил бўлади. Карбидлар заррачаларининг размерлари кўндаланг ҳолатда бир бирига жуда яқин жойлашади. Фарқи қолдиқ аустенитни сонига, микроқаттиқлигига, α -фазадаги асосий металлларнинг дислокация зичлигига ва умумий қаттиқликларига боғлиқ бўлади.

Намуналар ва цильпебсларга термик ишлов бериш учун мойда тоблаш усулини қўлладик. Тоблашни ҳар хил 925° , 1000° , 1050° , 1100° , 1150°C қиздириш ҳароратларида ўтказдик. Тобланган намуналарни ҳар хил 300° , 450° , 500° , 550° , 600°C ҳароратларда бўшатдик. Айниқса, икки марта фаза қайта кристалланиш термик ишлов берилганда [7, 8] 925°C ва 1150°C қаттиқлик ва ейилишга бардошлилик икки ва уч мартага ошганлиги кузатилди. Ўтказилган тажриба-экспериментларда асосан ИЧХ28Н2 маркали оқ чўян намуналари синаб кўрилди. Намуналар размерлари 15x15; 15x20; 20x22; 70x30x15 мм. Асосий изланишлар оптимал таркибли ИЧХ28Н2 маркали оқ чўянда олиб борилди. Махсус кесиб тайёрланган намуналарнинг ейилишга бардошлилиги ПВ-7 абразив синов машинасида синалди. Аввало ҳар бир намуна ювилиб тозалангандан сўнг синовгача ва синовдан кейин уларнинг оғирлиги ВЛА 200М аналитик торозида ўлчанди ва олинган маълумотлар ёзиб

борилди. Қуйидаги 3 – 4 жадвалларда намуналарнинг термик ишловгача ва термик ишловдан кейинги абразив ейилишга синалган натижалари келтирилган.

3-жадвал

9-қуйма намунани термик ишловдан олдинги абразив ейилиши

Чўян маркаси	Синов вакти	Синовгача бўлган ейилиш	Синовдан кейинги ейилиш	Синовгача ва синовдан кейинги ейилиш фарқи
1	2	3	4	5
ИЧХ28Н2	30	143.5695	143.5676	0.0019
ИЧХ28Н2	30	143.5676	143.5660	0.0016
ИЧХ28Н2	30	143.5660	143.5649	0.0011
ИЧХ28Н2	30	143.5649	143.5642	0.0007
ИЧХ28Н2	30	143.5642	143.5639	0.0003
ИЧХ28Н2	30	143.5639	143.5639	0.0000

4-жадвал

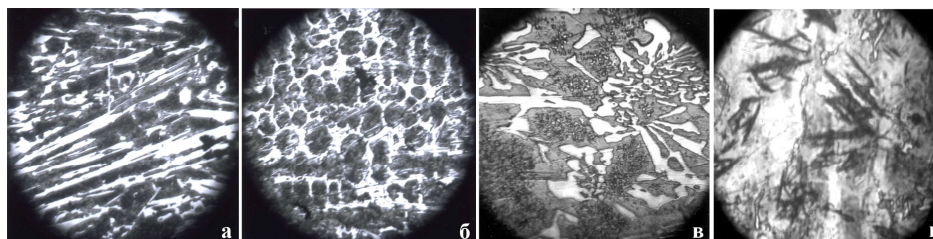
9-қуйма намунани термик ишловдан кейинги абразив ейилиши

Чўян маркаси	Синов вакти	Синовгача бўлган ейилиш	Синовдан кейинги ей- лиш	Синовгача ва синовдан кейин- ги ейилиш фарқи
1	2	3	4	5
ИЧХ28Н2	30	137.6478	137.6471	0.0007
ИЧХ28Н2	30	137.6471	137.6466	0.0005
ИЧХ28Н2	30	137.6466	137.6463	0.0003
ИЧХ28Н2	30	137.6463	137.6462	0.0001
ИЧХ28Н2	30	137.6462	137.6462	0.0000

Синов размерлари 70x35x15 бўлган қуйма намуналарни термик ишловгача ва термик ишловдан кейинги ҳолатларини абразив ейилиш синов машинасида ўтказилди. Материаллар сифатида қаттиқ полиуретан ва абразив кварц кумидан фойдаланилди. Ейилиш миқдори намуналарнинг оғирлигини камайиши ҳисобига аналитик тарозида ўлчаниб аниқланди. Синов натижалари шунки кўрсатдики, намуналар 30 минут давомида ишқаланишга едирилиб, 5 – 6 мартагача қайта-қайта абразив синовлари ўтказилди ва яхши ижобий кўрсаткичларга эришилди. Намуналарнинг абразив ейилиши тўғридан - тўғри қаттиқликка боғлиқ эканлиги исботланди.

Навбатдаги топшириқ шундай бўлдики, юмшоқ юмшатишдан кейин нормал углеродли, камфосфорли, олтингугуртли, кимёвий таркиби бўйича қаттиқлигини камайтириш қобилятига эга бўлган ва термик ишлов берилганда жуда кам миқдорда қолдиқ аустенит қоладиган ҳамда кўпроқ мартенсит структураси ҳосил бўладиган бўлиши керак. Бундай натижаларни олишда 8, 9, 10-қуйма намуналарнинг таркиблари жуда мос келди.

Қуйидаги (2-расм, а, б) да юкорихромланган оқ чўяндан тайёрланган қуйма намуналарнинг юмшатиш ҳолатдаги микроструктураси ва (2-расм, в, г) да эса тоблангандан кейинги микроструктураси келтирилган.



2-расм. Юқорихромланган оқ чўяндан тайёрланган қуйма намуналарнинг юмшатиш ҳолатдаги микроструктураси (а, б); тоблангандан кейинги ҳолати микроструктураси (в, г) X150

Хулоса қилиш мумкинки, қуйма цильпебсларнинг кимёвий таркибларини оптималлаш, структураларини яхшилаш, қаттиқлиги ва ейилишга бардошлилигини ошириш учун икки марта фаза қайта кристалланиш термик ишлов бериш режимларини [7, 8] қўллаш ижобий натижалар берди, яъни термик ишланган қуйма цильпебсларнинг мустаҳкамлиги ва ейилишга бардошлилиги 2 – 3 баробарга ошди. Янги таркибли цильпебслар ишлаб чиқариш муаммолари ҳал этилди.

Аниқроқ рақамлар бўйича кўрсатадиган бўлсак, чет эл корхонасида ишлаб чиқилган цилиндрлар 350 – 400 соатгача ишласа, «ДТЗ» МЧЖда тажриба-экспериментал усулларда оптимал таркиблар билан ишлаб чиқилган цилиндрлар термик ишлов берилгандан кейин 624 – 720 соатдан ошди. Бу технология «ДТЗ» МЧЖ га жорий этилди ва яхши иқтисодий самара натижаларига эришилди.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Филиппов М. А., Ахачвадорис П., Плотников Г. Н. Структурные факторы повышения износостойкости белого хромистого чугуна // Металловедение и термическая обработка металлов. М.: МиТОМ. 2000. № 11. С. 10 – 13.
- [2] Тилабов Б. К., Мухамедов А. А., Кодиров М. Ж. Структурные факторы повышения износостойкости литых цилиндров, изготовленных из высокохромистого чугуна. Технологическое обеспечение машиностроительных производств // Сборник научных трудов I Международной заочной научно-технической конференции. Южно-Уральский государственный университет РФ. К 70-летию кафедры технологии машиностроения. Россия, г. Челябинск 16 – 17 декабря 2013 г. Челябинск, 2013. С. 198 – 203.
- [3] Мухамедов А. А., Тилабов Б. К., Халматов М. М., Березин В. И. Повышение качества литых деталей песковых насосов // Научно-технический и производственный горный журнал (Цветные металлы) Алмалыкский горно-металлургический комбинат. М.; Алмалык, 2009. № 8. С. 92 – 94.
- [4] Тилабов Б. К. Контроль качества деталей, изготовленных из металлокомпозиционных твердых сплавов, и их двойная термическая обработка // Материалы Международной научно-технической конференции «Новые композиционные материалы на основе местного и вторичного сырья». 5 – 7 мая 2011 г. Ташкент: Изд. УзРНТК «Фан ва тараккиёт», 2011. С. 286 – 288.
- [5] Уманский Я. С., Скаков Ю. А., Иванов А. Н., Расторгуев Л. Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. М.: Металлургия, 1992. – 632 с.
- [6] Тененбаум М. М. Сопротивление абразивному изнашиванию. М.: Машиностроение, 1986. – 267 с.
- [7] Тилабов Б. К. Повышение износостойкости и долговечности литых барабанных цилиндров, изготовленных из белого чугуна // Научно-технический журнал ФерПИ. 2013. № 4. С. 26 – 31.
- [8] Мухамедов А. А. Влияние фазовой перекристаллизации при термической обработке на износостойкость стали // Известия вузов. Черная металлургия. 1994. №6. С. 110 – 113.

Абу Райҳон Беруний номидаги Тошкент давлат техника университети

21.12.2015 й.
қабул қилинган

Б.К. Тилабов. Решение проблемы изготовления литых износостойких цилиндров барабанных мельниц для цементной промышленности республики

В статье представлены результаты научных исследований литых цилиндров барабанных мельниц, изготовленных из высокохромистого белого чугуна. Изучены откорректированный химический состав и механические свойства белых чугунов местного и импортного производства. Определены поверхностная твердость и микротвердость чугунов до и после термической обработки. Разработан оптимальный режим термической обработки с двойной фазовой перекристаллизацией, повышающий износостойкость литых чугунных деталей. Описаны результаты макро- и микроисследований параметров структуры и их влияние на износостойкость белого чугуна. Показано, что после термической обработки износостойкость литых чугунных цилиндров повышается в 2 – 3 раза.

B.K. Tilabov. Addressing the manufacture of wear-resistant cast cylpebs drum mills for the cement industry of the republic

The article presents the results of research of cast cylpebs tumbling mills, made from high-chromium white iron. Adjusted studied the chemical composition and mechanical properties of white cast irons, local and imported. Determined surface hardness and microhardness of the iron before and after heat treatment. Designed optimal mode of thermal treatment with double phase recrystallization, increases the wear resistance of cast iron parts. The results of the macro- and micro studies of structure parameters and their influence on the wear resistance of white cast iron. It is shown that after the heat treatment of cast iron cylpebs wear increases in 2 – 3 times.

А.Ж. ЭРГАШЕВ, А.Т. ЙУЛДАШЕВ, Н.С. ДУНЯЦИН

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ НАПЛАВКИ ВАЛКОВ ПОД ФЛЮСОМ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ

Высокие требования предъявляют к качеству валков, так как вращающиеся валки воспринимают давление, возникающее при обжатии металла, и передают это давление на подшипники. Практика показывает, что самым изнашиваемым элементом задающей (рабочей) клетки является узел конструкции задающего валка, в частности, бочка валка и опорные поверхности-шейки под посадку подшипников, которые так и не вырабатывают свой ресурс за период работы. Затраты на восстановление изношенных деталей в большинстве случаев значительно ниже затрат на изготовление новых. В связи с этим развитие и создание новых технологических методов восстановления изношенных деталей машин является актуальной научно-технической задачей.

Под восстановлением понимается комплекс технологических операций, которые возвращают исходные геометрические и физико-механические параметры поверхностным слоям детали и в целом восстанавливают её работоспособность на уровне, ничуть не уступающем новым деталям.

В настоящее время в качестве одного из наиболее эффективных технических решений, направленных на снижение эксплуатационных расходов на основной рабочий инструмент прокатных станков, является своевременное восстановление и упрочнение изнашивающейся рабочей поверхности путём механизированной электродуговой наплавки слоя металла.

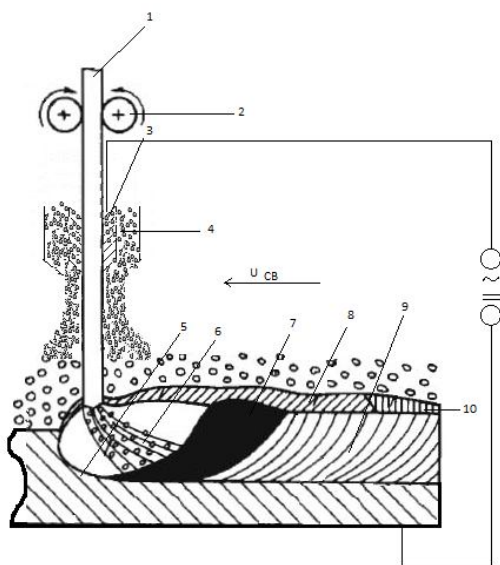


Схема автоматической наплавки под флюсом

При автоматической наплавке под флюсом (рисунок) дуга горит между сварочной проволокой 1 и свариваемым изделием 5 под слоем гранулированного флюса 4. Ролики 2 специального механизма падают в электродную проволоку в зону дуги 6.

Сварочный ток (переменный или постоянный прямой, или обратной полярности) подводится к проволоке с помощью скользящего контакта 3, а к изделию – постоянным контактом. Сварочная дуга горит в газовом пузыре, который образуется в результате плавления флюса и металла.

Кроме того, расплавленный металл защищен от внешней среды слоем расплавленного флюса 8. По мере удаления дуги от зоны сварки расплавленный флюс застывает и образует шлаковую корку 10, которая впоследствии легко отделяется от поверхности шва.

Флюс засыпается впереди дуги из бункера слоем толщиной 40 – 80 мм и шириной 40 – 100 мм. Нерасплавленный флюс после сварки используется повторно. Расплавленные электродный и основной металлы 7 в сварочной ванне перемешиваются и при кристаллизации образуют сварной шов 9.

Как видно из рисунка, на качество наплавленного металла влияют такие факторы, как:

- сварочные режимы для наплавки;
- марки сварочных флюсов;
- марки сварочной проволоки.

Известно, что сварочные режимы для наплавки определяются в зависимости от толщины наплаваемого металла и диаметра проволоки [1, 2].

Одним из основных факторов, влияющих на получение качественного наплавленного металла по заданному химическому составу и механическим свойствам, являются флюсы.

Флюсы подразделяются на плавные и не плавные. Преимуществами плавных флюсов по сравнению с не плавными керамическими являются более высокие их технологические

свойства. Они лучше защищают зону сварки, обеспечивают лучшее формирование сварного шва и в кристаллизованном состоянии легче отделяются от металла. Обычно флюсы состоят из зёрен величиной 0.35 – 3 мм. Но существуют мелко гранулированные флюсы, размер зерна в которых составляет 0.25 – 1 мм. В обозначенные марки мелко гранулированного флюса добавляется буква М. Буквы АН в составе флюса указывают на то, что данная марка разработана Институтом электросварки имени Е.О. Патона. Марки флюсов, в обозначении которых присутствуют буквы ОСЦ и ФЦ, разработаны ЦНИИТмашем.

В различных областях промышленности и в строительстве часто применяются такие марки флюсов, как АН-349-А, АН-348-АМ, ОСЦ-45, ФЦ-9. Флюсы марок АН-60, АН-20С, АН-20СМ, АН-20П используют для наплавки высоколегированной стали и для сварки легированной стали с помощью аналогичной сварочной проволоки.

Флюсы марок АН-25С, АН-26СП и АН-26-П нашли широкое применение при сварке и наплавке высоколегированной стали (жаропрочной, нержавеющей и коррозионно-стойкой).

Плавленные флюсы подразделяются, в зависимости от содержания оксида кремния (II), на высококремнистые, содержащие до 45 % оксида кремния SiO_2 , низкокремнистые, в которых содержание такого оксида не превышает 0.5 %, и бескремнистые, в которых оксид кремния отсутствует. По содержанию марганца флюсы для автоматической сварки делятся на высокомарганцевые, содержащие в составе более 30 % оксида марганца MnO , среднемарганцевые, в которых содержание MnO находится в пределах 15 – 30 %, и низкомарганцевые, в которых это содержание ниже 15 %. Изготовление плавленных флюсов происходит следующим образом. Компоненты, входящие в их состав (это могут быть марганцевая руда, кварцевый песок, доломит, мел, мрамор, плавиковый шпат и другие соединения), дробят до требуемых размеров зерна. Затем компоненты смешивают в необходимых массовых соотношениях и подвергают плавлению в специальных пламенных или электропечах. После расплавления флюс из печи помещают под проточную воду, в которой происходит его охлаждение и растрескивание на мелкие части. Далее частицы флюса должны просохнуть в специальных барабанах или сушильных шкафах. Температура сушки выбирается в пределах 300 – 350°C. После просушки флюсы просеивают на ситах. Если плавленные флюсы изготавливают путём совместного сплавления их компонентов, то не плавленные флюсы тщательно размалывают и смешивают между собой в строгом соотношении в водном растворе жидкого стекла, которое является наиболее распространённым связующим компонентом. Получившуюся вязкую смесь протирают сквозь сито с определённым размером ячеек для получения флюса с нужным размером зерна. Далее, сырые флюсовые гранулы подвергаются просушке в сушильных печах при температуре 150°C. Время просушки 15 – 20 мин. Далее гранулы прокаливают при температуре 300 – 350°C. Не плавленные керамические флюсы в своё время были разработаны академиком К.К. Хреновым. Такие флюсы значительно упрощают процесс легирования металла сварного шва различными элементами.

Для обеспечения этого в состав флюса включают требуемое количество легирующих элементов в виде порошковых металлов, минеральных и других веществ. Ещё одно преимущество керамического флюса состоит в его достаточно высокой стойкости к ржавчине, окислению и влаге на поверхности свариваемых изделий по сравнению с плавленными флюсами. Такое преимущество особенно актуально при сварке металлов на монтажно-строительной площадке под открытым небом. В состав керамических флюсов, кроме минеральных шлакообразующих веществ, входят и другие компоненты, которые хорошо раскисляют сварной шов и обеспечивают его легирование. Это различные ферросплавы.

С целью увеличения производительности процесса наплавочных работ в последнее время в качестве наплавочного материала применяется холоднокатаная лента. При этом обеспечивается малая глубина проплавления основного металла, надёжность провара наплавляемого валика, устойчивость процесса при меньшей, чем при наплавке проволоками, плотности тока.

Состав распространённых марок флюса для автоматической сварки (наплавки) представлен в табл. 1, состав компонентов указан в процентах.

Таблица 1

Состав марок флюса, процент для автоматической сварки (наплавки) (ГОСТ 9087-81)

Марка флюса	SiO ₂	MnO	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	CaF ₂	K ₂ O и Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	S	P	C
								не более			
АН-348А	41-44	34-38	Не более 6.5	5.0-7.5	Не более 4.5	4.0-5.5	-	2.0	0.15	0.12	-
ОСЦ-45	38-44	38-44	Не более 6.5	Не более 2.5	Не более 5.0	6.0-9.0	-	2.0	0.15	0.15	-
АН-348-АМ	41-44	34-38	Не более 6.5	5.0-7.5	Не более 4.5	3.5-4.5	-	2.0	0.15	0.12	-
ОСЦ-45М	38-44	38-44	Не более 6.5	Не более 2.5	Не более 5.0	6.0-9.0	-	2.0	0.15	0.10	-
АН-60	42.5-46.5	36-41	3.0-11.0	0.5-3.0	Не более 5.0	5.0-8.0	-	1.5	0.15	0.15	-
ФЦ-9	38-41	38-41	Не более 6.5	Не более 2.5	10-13	2.0-3.0	-	2.0	0.10	0.10	-
АН-20С	19-24	Не более 0.5	3.0-9.0	9.0-13.0	27 -32	25-33	2.0-3.0	1.0	0.08	0.05	-
АН-20СМ	19-24	Не более 0.5	3.0-9.0	9.0-13.0	27 -32	25-33	2.0-3.0	1.0	0.08	0.05	-
АН-20П	19-24	не более 0.5	3.0-9.0	9.0-13.0	27 -32	25-33	2.0-3.0	1.0	0.08	0.05	-
АН-26СП	29-33	2.5-4.0	4.0-8.0	15.0-18.0	19-23	20-24	-	1.5	0.10	0.10	-
АН-25С	29-33	2.5-4.0	4.0-8.0	15.0-18.0	19-23	20-24	-	1.5	0.10	0.10	-
АН-26П	29-33	2.5-4.0	4.0-8.0	15.0-18.0	19-23	20-24	-	1.5	0.10	0.10	0.05

Наряду с высокой производительностью формируется однородный по составу и свойствам наплавленный металл. Применение технологии наплавки ленточным электродом обеспечивает получение наплавленного слоя заданных размеров и свойств, высокого качества и с минимальным припуском на последующую механическую обработку [3].

Составы некоторых распространённых керамических флюсов (%)приведены в табл. 2.

Таблица 2

Состав керамических флюсов (ГОСТ 28555-90) , %

Компонент	К-2	КС-1	КВС-19	К-1
Титановый концентрат	55	-	-	-
Марганцевая руда	-	-	54	60
Кварцевый песок	-	-	30	20
Порошок алюминия	-	-	2	-
Ферромарганец	14	0.5	-	-
Ферросилиций	8	0.8	7	10
Ферротитан	-	6.0	-	-
Диоксид титана	-	15.0	-	-
Мрамор	-	57.7	-	-
Полевой шпат	13	-	-	-
Плавленый шпат	10	20	7	10
Жидкое стекло, процент от суммарной массы смеси	13	15	15-17	17

Анализ электродуговой наплавки валков под флюсом показывает, что имеются возможности развития технологии восстановления валков, обеспечивающих повышение производительности с получением наплавочного слоя с заданными свойствами и размерами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Технология электрической сварки металлов и сплавов плавлением / Под ред. Патона Б.Е. М: Машиностроение, 1974. – 768 с.
- [2] Абралов М.А. и др. Конспект лекции по «Технологии и оборудованию сварки плавлением». Ташкент, 2014. – 470 с.
- [3] Гулаков С.В. Наплавка под флюсом ленточным электродом / Гулаков С.В., Матвиенко В.Н., Носовский Б.И. Мариуполь: ПГТУ, 2006. –136 с.

Научно-исследовательский центр по проблемам отраслевого машиноведения
при Ташкентском государственном техническом университете

Дата поступления
02.12.2015

А.Ж. Эргашев, А.Т. Йўлдашев, Н.С. Дуняшин. Прокат станлари жўваларини флюс остида электр ёйида эритиб қоплашни таҳлили

Мақолада прокат станлари жўваларини флюс остида электр ёйида автоматик эритиб қоплашда таъсир қилувчи омиллар таҳлили келтирилган. Эритиб ва эритмасдан тайёрланган флюсларни ишлатишда уларни ютуқ ва камчиликлари ҳамда лентали электродларни қўллашни афзалликлари қараб чиқилган.

A.G. Ergashev, A.T. Yuldashev, N. S. Dunyashin. The analysis of an arc naplavka of rolls under gumboil of rolling mills

In article it is provided the analysis of factors at an automatic arc naplavka of rolls of the rolling mill under gumboil. It is considered advantage and shortcomings of application of fused and not fused gumboils and also applications of tape electrodes.

ХРОНИКА

ДЕФОРМАЦИЯЛАНУВЧИ ҚАТТИҚ ЖИСМ МЕХАНИКАСИДА МУСТАҲКАМЛИК, ПЛАСТИКЛИК ВА УСТУВОРЛИК МУАММОЛАРИГА БАҒИШЛАНГАН VIII ҲАЛҚАРО СИМПОЗИУМ

Деформацияланувчи қаттиқ жисм механикасида мустаҳкамлик, пластиклик ва устуворлик муаммоларига бағишланган VIII Ҳалқаро симпозиум (VIII международного научного симпозиума «Проблемы прочности, пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела») 2015 йил 9-11 декабрь кунлари Россия Федерациясининг Твер шаҳрида бўлиб ўтди. Симпозиум хизмат кўрсатган фан ва техника арбоби профессор В.Г. Зубчаниновнинг 85-йиллик юбилейига бағишлаб ташкил этилди. Симпозиумда механика соҳасида илмий изланишлар олиб бораётган олимлар ўзларининг илмий мақолалари билан қатнашдилар. Симпозиум материалларини жам этган тўпламда танланган 50 дан ортиқ илмий мақолалар келтирилган бўлиб, улар орқали деформацияланувчи қаттиқ жисм механикасининг назарий, экспериментал ва амалий механикаси муаммолари кенг қамровда ёритилди. Бундан ташқари симпозиум деформацияланувчи қаттиқ жисм механикасининг пластиклик назарияси ва эластик-қовушқоқ тизимлар турғунлиги фундаментал йўналишларига бағишланган. Симпозиум 5 йилда бир маротаба Твер шаҳрида Твер давлат техника университети базасида 1981 йилдан, Ҳалқаро симпозиум сифатида ўтказилиб келинмоқда. Симпозиумда Россия ва МДХ мамлакатларидан мустаҳкамлик, пластиклик назарияси ва пластиналарнинг устуворлик назарияси, қобиклар ва стерженларнинг эластиклик чегараси соҳасидаги етакчи олимлар иштирок этади. VIII Ҳалқаро симпозиумда Ўзбекистон олимлари ҳам ўзларининг илмий мақолалари билан фаол иштирок этишдилар. Симпозиум материаллари тўпламида ЎзР ФА “Иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги” институти олимлари академик Т.Р. Рашидов, ф.м-ф.д. Р.А. Абиров, т.ф.д. К.Д. Салямова, т.ф.д. Т. Юлдашев, ф.м-ф.н. М.К. Усаров, т.ф.н. Д.Ф. Руми ва ёш олимлар Д.А. Бекмирзаев, Н.А. Нишонов, Е.В. Ан, Г.Т. Аюбовлар ўзлари тадқиқот олиб бораётган йўналишлари бўйича илмий мақолалари чоп этилди.

VIII Ҳалқаро симпозиум материаллари тўплами “Иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги” институтига келди ва у билан институт илмий ходимлари танишиб чиқдилар. Бу каби Ҳалқаро симпозиумларнинг ўтказиб турилиши амалий математика, деформацияланувчи қаттиқ жисм механикаси ва математик моделлаштириш соҳаларида илмий изланишлар олиб бораётган ёш олимлар учун жуда қўл келади ва ўзларининг илмий ишлари натижаларини кенг ёритишларига ёрдам беради.

Тахририят

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ СИМПОЗИУМ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 105-ЛЕТНЕЙ ГОДОВЩИНЕ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.А. ИЛЬЮШИНА

С 20 по 21 января 2016 года в г. Москве (Россия) был проведен Международный научный симпозиум по проблемам механики деформируемых тел, посвященный 105-летней годовщине со дня рождения выдающегося российского ученого-механика, члена-корреспондента Российской Академии наук, заслуженного профессора Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова Алексея Антоновича Ильюшина (1911 – 1998).

Международный научный симпозиум в память А.А. Ильюшина проводится четвертый раз. Организаторами симпозиума являются МГУ, Российская академия наук и Национальный комитет по теоретической и прикладной механике.

Симпозиум проводился в МГУ. Рабочая группа симпозиума состояла из Организационного комитета, Программного комитета и Секретариата. Председателем оргкомитета был ректор МГУ академик РАН В.А. Садовничий, заместителями Председателя – проф. И.А. Кийко и проф. Р.А. Васин.

Программа симпозиума представлена пленарными докладами и докладами в двух секциях: Секция 1. «Основы механики сплошной среды, механики деформируемого твердого тела и общие вопросы пластичности»; Секция 2. «Термовязкоупругость, реология, динамика, прочность, устойчивость процессов деформирования». Тематика симпозиума соответствует основным научным интересам А.А. Ильюшина, охватывающим широкий спектр современных проблем механики деформируемых тел.

Работу симпозиума открыл вступительным словом председатель оргкомитета В.А. Садовничий.

В работе симпозиума приняли участие ученые из разных стран мира: России, Узбекистана, Азербайджана, Беларуси, Украины, Германии, Франции и т.д. Из Узбекистана приняли участие Т.Р. Рашидов,

Т. Юлдашев, Б.М. Мардонов, А. Абдусаттаров и другие ученые, в том числе молодая поросль исследователей.

По итогам симпозиума вышла в свет книга «Упругость и неупругость», в которой представлены статьи и краткие сообщения по материалам докладов на Международном научном симпозиуме по механике деформируемых тел, посвященном 105-летию со дня рождения А.А. Ильюшина. В ней нашли отражение развитые идеи А.А. Ильюшина, современные достижения его научной школы, результаты творческого поиска его учеников, последователей, приверженцев научных взглядов этого талантливого ученого. Данная книга опубликована с целью плодотворного обмена мнениями всех заинтересованных читателей, укрепления взаимопонимания и творческой атмосферы научного общения, наследованной нам добрыми традициями школы А.А. Ильюшина.

Редакционная коллегия

АЛЕКСЕЙ АНТОНОВИЧ ИЛЬЮШИН – ЗАМОНАМИЗНИНГ ДАҲО МЕХАНИК ОЛИМИ (ҲАЁТИ ВА ИЖОДИ ҲАҚИДА АВТОПОРТРЕТ ЁХУД ЭССЕ)

Болалик. Замонамизнинг даҳо механик олими Алексей Антонович Ильюшин 1911 йил 20 январда Қозонда туғилган. Унинг отаси – Антон Никанорович Смоленск губернаси, Ельнинск уезди, Конопленко қишлоғидаги деҳқоннинг ўғли. Онаси – Татьяна Акимовна қўшни қишлоқдаги хунарманднинг қизи. Ўн ёшарлик Антон Никаноровични Москвага “одамлар орасига” жўнатадилар, узоқ вақт у таникли чой савдогари Швецовнинг савдо уйида иш юритувчи-бухгалтер бўлиб ишлайди.

1910 йилнинг охирида Антон Никанорович савдо уйининг Қозон бўлимида бошқарувчи бўлиб ишлай бошлайди. Бу вақтга келиб унинг катта оиласи бор эди, тўртта қиз, ёлғиз ўғли – Алексей ёшлигида вафот этган эди. Узоқ кутилган ўғил фарзанд Қозонда туғилди, ота-оналари унинг исмини вафот этган ўғли Алексей исми билан аташди.

Алексейнинг болалиги революция ва биринчи жаҳон уриши йилларига тўғри келди. Болаликка ёнма-ён очарчилик, моддий қийинчиликлар, инсоний фожеалар рўй бериб турди.

Татьяна Акимовна ва Антон Никанорович етти фарзандни тарбиялаб вояга етказдилар, ҳаммасининг етарли даражада таълим олишига шароит яратиб бердилар. Фарзандларнинг ичида айниқса Алексейнинг ўқишга ихлоси ўзгача баланд эди.

Талабалик – илмга толиблик. 1928 йилда Алексей Ильюшин Қозоннинг энг яхши мактабларидан бирини битказди ва Қозон университетида ўқишга кириш учун ариза берди, аммо ўқишга қабул қилинмади. Ўқишга кириш учун ижтимоий келиб чиқиши савдогар эмас, балки пролетар ишчиларидан бўлиш керак эди ёки ишчи меҳнат стажига эга бўлиши лозим эди. Шунинг учун бўлғуси олим бир ярим йилча “Қизил металл” кема-ремонт заводида станокчи-ишчи бўлиб ишлади ва 1929 йилда Қозон университетининг физика-математика бўлимига ўқишга қабул қилинди.

1930 йилнинг январида Ильюшин ўқишни Москва давлат университетининг физика-математика факультетида ўтказиб олади ва илм олишга шўнғиб кетади. Кейинчалик Москва давлат университетида кечган талабалик йилларини эслаб Ильюшин шундай ёзади: “Дастлабки икки йилда физика ва математикадан назарий машғулотлар тигиз олиб борилди. Кейинги икки йилда ўқишлар қуйидаги тартибда давом этди: ҳафтада тўрт кун математика, бундан ташқари, аналитик динамика, аэродинамика, гидродинамика, эластиклик назарияси, гидравлика ва материаллар қаршилиги, яна лаборатория машғулотлари ва махсус курслар (винт ва қанот назарияси, иншоотлар динамикаси ва статика, амалий механика) ва икки кун иш ҳақи тўланадиган ишлаб чиқариш амалиёти. 1930-31 йилларда заводнинг қуйув, чилангарлик, механика цехларида ишлаб чиқариш амалиётини ўтаганлиги учун физика математика факультети талабаларига “механик” унвони берилди” (А.А.Ильюшин – выдающийся механик современности. М.: МАМИ, 2013. С.43-44.).

А.А.Ильюшин ўз устозларига чексиз ҳурмат билан қараган ва улардан имкон қадар тўлиқ фойдаланишга ҳаракат қилган. Ўша йиллардаги устозларини шундай эслайди: «МГУ бизларда шундай бой физик интуицияни ҳосил қилдики, бусиз Жуковскийнинг ҳақиқий вориси бўлиш мумкин эмас, механикада балки қўл келар, аммо – ҳисоблагич бўлиш мумкин. Мен ўйлайманки механика бўйича Минаковнинг, гидравлика бўйича Лейбензоннинг лекциялари бу ерда асосий роль ўйнади». (Там же. С.44.).

А.П.Минаков хусусий вазифаларни кўп қўйган бўлса, Л.С.Лейбензон ўзининг кенг билимлар доираси ва тадқиқотчилик салоҳияти билан илмий ёндошувларда журъатлилик, ҳисоб-китобларни, ечимни охирига етказиш кўникмасини тарбияладилар.

А.А.Ильюшиннинг инженерлик ва илмий фаолияти талабалик даврида – 1932 йилнинг баҳорида Марказий аэрогидродинамика институтида (СЛИ ЦАГИ) бошланган. Бу институтга 1918 йил декабрда Н.Е.Жуковский асос солган эди. Бўлғуси олим Жуковскийнинг ғояларига асосланиб самолет тензор инерциясини экспериментал аниқлашнинг янги услубини ишлаб чиқди. Шундан сўнг Ильюшиннинг ўзига хос

қобилиятини пайкаган институт маъмурияти уни “Махсус конструкциялар” бўлимига ўтказишди ва 1933 йилда ЦАГИ инженерлари деган унвон берди.

1933-34 йилларда механика бўйича қизиқарли лекциялар ўқиган А.И.Некрасов ва А.П.Минаковларнинг таъсирида Ильяшиннинг миясига “Мўъжизалар параболаиди” аттракцион динамик стендини яратиш гояси келди ва уни 1934 йилнинг ёзида М.Горький номидаги Марказий истироҳат ва маданият боғи директори Бетти Глан ҳамда техник-қурувчи, мактабдош ўртоғи А.Я.Эпштейн билан ҳамкорликда яратдилар. Ушбу динамик стенд бўлғуси космонавтлар тайёрлаш тренажерининг прототиби бўлиб хизмат қилди.

А.А.Ильяшин талабаликнинг барча даврида фақат талабалар ётоқхонасида яшади. У ерда қувноқ ва шафқатсиз баҳслашадиган Володя Токарев, Митя Маицкий ва Халил Рахматулиндан иборат “илмий давр” шаклланди. Бу даврага баъзида ижарада яшайдиган М.Т.Ўрозбоев ҳам келиб қўшилар эди. Улар умрининг охиригача ҳамфикр, оилавий дўст бўлиб қолдилар, бир-бирини қўллаб-қувватлаб келдилар.

1933 йилда Ильяшин аэрогидромеханика ихтисослиги бўйича ёзган диплом ишини “аъло”га ҳимоя қилди ва аспирантурага қабул қилинди. Бир вақтнинг ўзида МГУ механика-математика факультети “Эластиклик назарияси” кафедрасида ассистент бўлиб иш бошлади.

Шогирдликдан – устозликка. А.А.Ильяшин ўзининг педагогик фаолиятини Москва давлат университетида бошлади. 1935 йил Механика-математика факультетида “Амалий эластиклик назарияси” курсидан лекциялар ўқиб бошлади. Бир вақтнинг ўзида у “Материалларни синаш” лабораторияси мудири қилиб тайинланади ва мамлакат мудофаа саноати корхоналарига маслаҳатчи сифатида ишга жалб қилинади.

1936 йилнинг баҳоридан бошлаб Ильяшин ҳарбий техниканинг янги авлодини яратиш бўйича НИИ-24, ОКБА-46, ОКБ-16, НИИ-13 ва НИИ-45 лойиҳалари устида самарали ишлади. Шу йилларда мамлакат мудофаси учун энг муҳим аҳамиятга эга бўлган ва ҳеч қаерда эълон қилинмаган тадқиқотларни амалга оширди. Ушбу ишлари учун кейинчалик 1940 йил март ойида биринчи “Ҳурмат белгиси” ордени билан мукофотланади.

1937 йил январь ойида “Ёпишқоқ пластик оқим назарияси масалалари” мавзуси бўйича номзодлик, 1938 йил октябрь ойида докторлик диссертациясини ҳимоя қилди ва физика-математика фанлари доктори илмий даражасига эга бўлди. Шу йили унга “Профессор” унвони ҳам берилди.

Олим ҳақида унинг устози, академик Л.С.Лейбензон шундай дейди: “У ўзида тадқиқ қилинаётган техник муаммоларнинг моҳиятига чуқур кириб бориши билан ажралиб турувчи даҳо назариётчи, гўзал конструктор ва сунъий экспериментаторни уйғунлаштира олган бахтли инсонни намоён қилади. У табиат ҳодисаларини математик тимсолларда кўриш қобилиятига эга эди.” (А.А.Ильяшин – выдающийся механик современности. М.: МАМИ, 2013. С.22.).

А.А.Ильяшин 1942 йилдан то умрининг охиригача (1998 й.) МДУнинг «Эластиклик назарияси» кафедрасига мудирлик қилди. 1943 йил собиқ Иттифоқ (ҳозирги Россия) ФА муҳбир аъзоси қилиб сайланди. 1947 йил Россия Артиллерия фанлари Академиясининг академиги бўлди.

А.А.Ильяшин 1950 йил март ойидан 1952 йил март ойигача Ленинград (ҳозирги Санкт-Петербург) университети ректори қилиб тайинланади. У ректорлик қилган даврда унга муҳим масала ҳал қилинди:

- И.И.Презент (“фандан чиққан гангстер”) ишдан бўшатилди;
- турли хил “изм”ларни тарғиб қилаётган “Ленинград иши”га барҳам берилди;
- ректорга берилган уй-жойдан воз кечиб, репрессия қилинганларнинг оила аъзолари ҳаётини сақлаб қолди.

1953 йилдан 1960 йилгача Иттифоқ ФА Механика институти директори лавозимида ишлади. У директор бўлиб ишлаган даврда Механика институти замонавий технологияга эга бўлган йирик илмий марказга айланди. Механика муаммолари билан боғлиқ илмий-тадқиқот ишлари шу жойдан мувофиқлаштириладиган бўлди.

А.А.Ильяшин раҳбарлик қилаётган МДУнинг “Эластиклик назарияси” кафедрасида соғлом маънавий-ахлоқий, илмий муҳит ва “Ильяшиннинг илмий семинари” шаклланди. Ушбу семинардан мамлакатнинг кўзга кўринган механиклари ва инженерлари ўтишган ва ўз малакаларини оширган.

А.А.Ильяшин талабчан ва меҳрибон устоз сифатида 100 дан ортиқ фан номзодларини, 60 дан зиёд фан докторларини етказиб берди. Уларнинг аксарият кўпчилиги бугунги кунда академиклар бўлиб, фаннинг ривожига муносиб ҳисса қўшиб келмоқдалар.

А.А.Ильяшин шогирдликдан устозликкача бўлган захматли йўлни қисматим деб босиб ўтди ва механиканинг порлоқ юлдузи бўлиб қолди!

Урушда “инқилоб ясаган” кашфиёт. Иккинчи жаҳон уруши бошланиб, 1941 йилнинг ноябрь ойида Москва ҳавф остида қолди. Марказдаги барча ташкилотлар Узоқ Сибирга, Марказий Осиёга ва бошқа жойларга кўчириб ўтказилди. Жумладан, Ильяшин ишлаётган ФА Механика институти ҳам Қозонга кўчиб ўтди. Мамлакат армияси кузга келиб ҳалокат ёқасида турар эди. Армияда “снаряд етишмовчилиги” вужудга келди. Чунки, мамлакатнинг Европа қисмидаги қурул-яроғ ишлаб чиқарадиган заводлар тўхтаб қолди, қурул-яроғ омборхоналари немисларнинг қўлига ўтди. Қурул-яроғ ишлаб чиқарадиган заводларнинг атиги 40% шарққа кўчириб ўтказилди, холос. Бунинг устига 71% чўян, 60% пўлат захиралари немислар босиб ол-

ган ҳудудларда қолиб кетган эди. Қолаверса, стволдаги снарядларнинг портлаш ҳисоб-китоблари маънавий эскириб қолган, у стволдаёқ ёрилиб кетар эди.

А.А.Ильошин бир қатор ташкилотлар ва мутахассислар билан, жумладан, қурол-яроғ ишлаб чиқариш саноати раси Б.Ванников билан шахсан суҳбатлашгандан кейин “снаряд етишмовчилиги” муаммоси билан икки ойдан кўпроқ кечаю-кундуз шуғилланди.

Аслида “снаряд етишмовчилиги” муаммосини ҳал этиш фикри немислар Донбасс, Запорожье, Днепропетровск ва Мариуполни босиб олганда Ильошиннинг миясига келган эди. Шу мақсадда ФА Металлургия институти директори Иван Бардин билан пўлатни бошқа металлга алмаштириш ҳақида суҳбатлашди. У эса олимга ўзининг иқтидорли шогирди, Челябинск металлургия заводининг цех бошлиғи Алексей Кислицин ёрдам бериши мумкинлигини айтади.

А.А.Ильошин орадан бир ой ўтиб, Челябинскдан А.Кислицин юборган 9та монографиянинг рўйхатини олади ва Б.Ванниковнинг махсус топшириғи билан бир кун ичида бу адабиётлар олимнинг иш столи устида бўлади. Адабиётлар ичида И.Бардин айтган француз Е.Ронцеренинг “Оддий ва пўлат қоришмали чўян снаряд ишлаб чиқаришга нисбатан изоҳлар” (“Заметки относительно производства снарядов из обыкновенного и сталистого чугуна») деб номланган монография ҳам бор эди.

А.А.Ильошин икки кун ичида бу адабиётларни диққат билан ўқиб, ўзининг қилган тадқиқотлари билан қиёсий ўрганиб чиқди ҳамда қурол-яроғ ишлаб чиқариш саноати раси Б.Ванниковга “Техник маълумотнома” тайёрлади. Маълумотномада шундай сарлавҳа бор эди: “Пўлат қоришмали чўян маҳсулоти: таркиби, асосий хусусиятлари ва саноатда уни олиш бўйича тавсиялар” (“Продукт СЧ: состав, основные особенности и рекомендации по получению в промышленном масштабе”). Ушбу маълумотнома бор-йўғи 23 саҳифадан иборат эди.

Аммо, А.А.Ильошин шу 23 саҳифада пўлат қоришмали чўян олиш ва ундан снаряд ишлаб чиқаришнинг янги, ҳар бир деталигача ниҳоятда аниқ ҳисоб-китобларини яратди. Бу кашфиётнинг саноатда ишлаб чиқаришга жорий қилиниши фанда ҳам, урушда ҳам ҳақиқий инқилоб бўлди. Чунки, бу кашфиётда учта муҳим жиҳат бор эди: биринчидан, пўлат қоришмали чўян снаряд олдингиларига қараганда ниҳоятда арзон эди. Иккинчидан, пўлат қоришмали чўян снарядлар олдингиларига қараганда механик ишлов беришга жуда қулай эди. Учинчидан, Ильошин ҳар хил калибмли снарядларнинг чўян учун ниҳоятда аниқ химиявий таркибини кўрсатиб берди.

1942 йилнинг бошида ушбу кашфиётнинг ишлаб чиқаришга жорий қилиниши “снаряд етишмовчилиги”ни бартараф қилибгина қолмай, “Сталинград артиллерия ҳалқаси” учун асос бўлиб хизмат қилди. Таъбир жоиз бўлса, айтиш мумкин-ки, иккинчи жаҳон урушида ғалабанинг моддий асоси назарий жиҳатдан кашф қилинган эди.

А.А.Ильошин амалга оширган математик ҳисоб-китобларда механика фанида янги бир назарияга – “Чексиз кичик эластик-пластик деформация назарияси”га асос солинган эди. Олимнинг бу кашфиёти армияда “Артиллерия – уруш худоси!” деган машҳур иборанинг пайдо бўлишига сабаб бўлди. Қурол-яроғ ишлаб чиқариш саноатининг йирик раҳбарларидан бири, генерал Н.Д.Иванов 1942 йилнинг ўрталарида 30 ёшлик олимга қараб шундай тарихий ибора ишлатади: “Уруш ва ғалаба учун нима иш қилганингизни сиз ҳеч қачон тушуниб етолмайсиз!” (А.А.Ильошин – выдающийся механик современности. М.: МАМИ, 2013. С.23.). Ҳа, чиндан ҳам бу кашфиётнинг амалий аҳамияти инсон идрокдан юқори туради.

23 саҳифалик математик ҳисоб-китобларда иккинчи жаҳон урушининг тақдирини ҳал этиш, ўз номини мангуликка дахлдор қилиб қўйиш, механика фанида янги назарияга асос солиш ҳар қандай олимга насиб қилавермайди, балки ўз соҳасининг даҳо олими, Ватан ҳимояси – иймон белгиси деб билган чинакам ватанпарвар инсонгагина насиб қиладиган илоҳий неъматдир. А.А.Ильошин ана шундай бахтга сазовор бўлган олим эди. Унинг уруш йилларидаги илмий-тадқиқотлари 1947 йилда Иттифок мудофа вазирлигига қарашли Артиллерия фанлари академиясининг академиги, I – даражали Сталин (Давлат) мукофотига сазовор бўлди.

Рақибларни қолдириб доғда... Осмонда момақалдирак бўлиб одамлар қалбига кўркув солгандан кўра, ерда шамчироқ бўлиб бир ғарибнинг кулбасини ёритган яхшироқдир, дейилади қадимги Шарқ ривоятларидан бирида. Бу ривоят замонамизнинг биринчи рақамли механик олими А.А.Ильошинга ҳам дахлдор.

1946 йилнинг охирида Иттифок ФА га навбатдаги сайловлар бўлиб ўтди. Ильошин академикликка сайланиш истагини билдирмаса-да, унинг номзодини академиклар Н.Мусхелишвили, Б.Юрьев, Л.Лейбензон, А.Некрасов ва С.Христанович, ФА Механика институти, бир қатор харбий Академияларнинг илмий ва техник Кенгашлари ҳамда бошқа ташкилотлар илгари сурдилар. Бундай юзаки қараганда, Ильошиннинг академикликка сайланиши – расмийлик. Аммо, ёпиқ овоз бериш пайтида унинг номзодини “Курчатовчилар йўққа чиқардилар”. Чунки, у “ядрошунос” олимлару инженерларнинг ишини текшириб ҳукуматга топширувчи эксперт комиссияси таркибида бўлиб, ҳукумат томонидан топширилган вазифани аъло даражада бажарган. Биринчи иттифок атом бомбасини синовдан ўтказишда қатнашиб, Курчатовчиларнинг хатосини тўғрилаган ва водород бомбасини яратиш ғоясини А.Сахаров билан ҳамкорликда илгари сурган – оқибатда Сахаров-Ильошин варианты ғолиб келган эди. Бу ғояга уч марта қаҳрамонлар – Курчатов, Зельдович, Харитон қўшилмас эдилар.

1950 йилда водород бомбасини яратиш ишлари қизгин кетаётган пайтда Иљюшинни академикликка сайловларда қатнашишга уриниб кўрдилар. Бу сафар олимни академик М.А.Лаврентьев ва ФА Механика институти илмий Кенгаши тавсия қилдилар. Курчатов ва унинг шериклари саъй-ҳаракати туфайли иш сайловгача бориб етмади.

1953 йил 12 августда водород бомбасини яратиб, синовдан муваффақиятли ўтказгандан кейин А.А.Иљюшин шахсан Н.С.Хрущев олдиға киришга муваффақ бўлди ва тинч меҳнатга ўтиш учун розилигини олди. Шу йилнинг 18 сентябрида олимни иттифок ФАнинг Механика институти директорлиғига тайинлайди. Шу йили у академикликка сайланишга яна бир бор уриниб кўрди. Уни собиқ иттифокнинг таниқли олимлари, академиклар И.Артоболевский, А.Ишлинский, ФА нинг филиаллари, бир неча иттифокдош республикаларнинг Академиялари илгари сурдилар. Бу сафар Иљюшиннинг 5 та монографияси ва 67 та илмий ишларини рўқач қилиб сайловдан қолдирдилар. Гарчи бу ишлар аллақачон дунё олимлари томонидан тан олинган, асарларининг ярмидан кўпи хорижий мамлакатлар тилларига таржима қилиниб машхур бўлиб кетган, янги назарияга асос солинган бўлса-да!

1958 йилда “Механика” соҳаси бўйича навбатдаги академикликка сайловлар бўлди. Олим учун академиклар Ю.Работнов, А.Благонаров, бир қатор илмий ва техник Кенгашлар ҳаракат қилдилар. Яна, жимжитлик!!!

1968 йилда А.А.Иљюшинни “Машинасозлик” соҳаси бўйича академикликка сайловда қатнашишга уриниб кўрдилар. Бўлмади! Овоз беришдаги муваффақиятсизликдан сўнг Дзержинский номидаги Ҳарбий-инженерлик Академияси раиси, генерал-лейтенант Тонких ФА Президумига қараб юракдан хитоб қилди: “Даҳонинг гўрковларида на ҳалоллик бор, на виждон! Уларни атом бомбаси ҳам қўрқитишига кўзим етмайди! Мантиқ ва соғлом тафаккур бу ерда кучсиздир!!!” (А.А.Иљюшин – выдающийся механик современности. М.: МАМИ, 2013. С.36.).

Шундан сўнг А.А.Иљюшинни (гарчи унинг ўзи истамаса ҳам) унинг ҳамкасблари ва виждонли олимлар сайловда қатнашишга яна уч бора – 1974, 1981, 1984 йилларда ҳаракат қилиб кўрдилар. Уни кўролмайдиган ҳамкасблари – Курчатов, Зельдович, Харитон ва уларнинг шериклари қалбидаги ҳасад ўти сайловларни барбод қилаверди. Сайловларни йўққа чиқаргани етмагандай, ҳатто улар 1981 йил январиди Олий Совет раиси Л.И.Брежнев “Социалистик меҳнат қаҳрамони” унвонига қўл қўйиш арафасида давлат бошлиғига ҳам таъсир ўтказиб, уни “Октябрь революцияси” ордени билан алмаштиришга эришдилар. Мана, сизга “ҳасад ўти”нинг кучи! Ҳасад билан эмас, ҳавас билан яша деб бекорга айтишмаган.

Шундай қилиб, даҳо олим А.А.Иљюшин ФА академиги бўла олмади, Социалистик меҳнат қаҳрамони ҳам! Бунга сабаб олимнинг фандаги хизматлари эмас, балки уч марта қаҳрамонлар – Курчатов, Зельдович, Харитон ва унинг шогирдларидир. Иљюшинни “кўра олмаслик” сабаби эса аниқ – 1946-1953 йилларда шон-шарафга бурканган Курчатов, Зельдович ва Харитоннинг хатоларини тўғрилаганлиги, ядро муаммоси бўйича кўпгина доҳиёна ғоялар ва уларнинг ечими ёлғиз уларга тегишли эмаслиги. Ядро муаммосини ҳал қилишдаги Иљюшиннинг ҳақиқий ҳиссасини кенг жамоатчиликдан яшириш!

Рақиблари ўз мақсадларига эришдилар, аммо даҳо механик олим “Ха-ха!” дедию, ҳеч нарсага парво қилмай, ҳаётининг мазмунига айланган илмий-тадқиқотларга шўнғиб кетди – рақибларни қолдириб доғда!...

Иљюшиннинг тафаккури фикрлашдан, янги ғояларни излаб топишдан тўхтамади, қўли ёзишдан (ихчам ва лўнда ёзишдан) чарчамади. Икки кун ичида 23 саҳифалик ҳисоб-китобларда янги назарияга асос солди – “Чексиз кичик эластик-пластик деформация назарияси”! Шоир Матназар Абдулҳаким шундай ёзди:

Мажбур бўлган тақдирдагина
Сўзингга дўст, очгил аранглаб...
Ишинг бўлса гулдираб турсин.
Ишинг бўлса турсин жаранглаб!

Алексей Антонович Иљюшиндан ёстикдай келадиган қалин китоблар эмас, балки мўъжазгина, аммо “гулдираб” турувчи асарлар қолди. Унинг номи жаҳон илм-фани осмонида “жаранглаб” турибди, рақибларни қолдириб доғда: “Ха-ха!”

А.А.Иљюшин – Ўзбекистонда. Маълумки, механика энг қадимий ва навқирон фандир. Механика – ҳаракат ҳақидаги фан. Ҳаракат – борлиқнинг мавжудлик унсури. Ҳаракат – ҳаёт демак! Ҳаёт авлодлар ал-машинуви жараёнида яшариб, янгилашиб бораверади. Ҳаёт бардавомдир, демак механика ҳам!

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, Ўзбекистонда механика фани қуйидаги йўналишларда ривожланмоқда:

- умумий механика;
- газ ва суёқлик механикаси;
- деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикаси.

Ушбу йўналишларда фаолият олиб бораётган ўзбек олимларининг шаклланишида А.А.Иљюшин, Х.А.Рахматулин ва М.Т.Ўрозбоевларнинг хизматлари каттадир. Шу уч аллома 1931-34 йилларда Москва давлат университети механика-математика факультетида бирга ўқишган ва умрининг охиригача дўст бўлиб

қолишган. Ушбу дўстликнинг негизида механика ғоялари ётар эди. Талабалик давридаги бу дўстлик дунёга механиканинг янги-янги назарияларини берди, техниканинг янги такомиллашган авлодининг вужудга келишига сабаб бўлди. Шу уч аллома ўртасидаги мустаҳкам дўстлик Ўзбекистонда замонавий механика фанининг ташкил топиши, янги йўналишларнинг вужудга келиши, юздан ортиқ фан номзодлари, докторлари, академикларнинг ижод қилишига ва ишлашига асос бўлиб хизмат қилди. Бугунги ўзбек механикасининг ривожига уларнинг ҳар бирининг ўз ўрни бор. Бу буюк “учлик”сиз ўзбек механикасини тасаввур қилиш қийин.

А.А.Ильошин яқиндан ҳамкорлик қилиб келаётган Дзержинский номидаги ҳарбий-инженерлик Академияси 1941-43 йилларда ўз фаолиятини Самарқанд шаҳрида давом қилдирди. Худди шу йилларда у Тошкентга, Самарқандга келиб-кечиб “снаряд етишмовчилиги”ни ҳал қилиш учун мутахассислар билан суҳбатлашди, ўз ҳисоб-китобларини амалга оширди.

А.А.Ильошин урушдан кейинги йилларда динамиканинг амалий муаммолари билан фаол шуғилланди. У 1969 йилнинг баҳорида ТошДУ (ҳозирги Ўзбекистон МУ) механика-математика факультети 4-босқич талабаларига “Ёпишқоқ эластиклик назарияси” бўйича маъруза ўқишга келади. Маъруза ўқиш билан бирга, айни пайтда Ўзбекистоннинг давлат ва партия раҳбарлари, ФАнинг масъул ходимлари, Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти, Ҳисоблаш марказли Кибернетика институти илмий ходимлари билан учрашувлар ўтказиб, фаннинг истиқболли йўналишлари бўйича режалар тузади. Айниқса, 1966 йилги Тошкент зилзиласидан кейин иншоотларнинг сейсмик мустаҳкамлиги муаммоси билан жиддий шуғилланди. ЎЗР ФА Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти олимларига муаммони ҳал қилиш учун семинар ташкил этди.

У кучли зилзила пайтида ер ости қувурларидаги жараёнларни тадқиқ қилди. Ильошин шогирди Т.Рашидов билан шундай назария ишлаб чиқдики, бу гидродинамик турғунлик назарияси ҳозирги кунда ер ости иншоотлари ва конструкциялари мураккаб тизимининг сейсмодинамик ҳисоб-китобларининг асосини ташкил қилади. Шундан кейин механика фанида “Ер ости иншоотларининг сейсмодинамикаси” тушунчаси муомиллага киритилди. А.А.Ильошин ва Т.Рашидов сейсмодинамик ҳисобларни моделлаштириш услубини яратдилар.

Ўтган асрнинг 70-йилларида А.А.Ильошин раҳбарлиги остида Ўзбекистон ФА Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида олимнинг шогирдлари томонидан синов машинаси яратилди. Унинг ёрдамида автоматик тарзда конструкция ва иншоотлар ҳар бир элементининг ишлаш тарзини ёзиб олиш имконияти пайдо бўлди. Бу эса конструкция ва иншоотларнинг сейсмик мустаҳкамлигини аниқлашда, Ильошин ишлаб чиққан СН-ЭВМ тизимининг экспериментал тасдиғидир.

Ўзбекистонда туташ муҳитлар механикаси вазифаларини дастурлаштириш ва алгоритмлаштиришга Ильошиннинг шогирдлари – ЎЗР ФА академиклари В.Қобулов ҳамда Т.Бўриевлар асос солдилар. Ильошиннинг “чексиз кичик эластик-пластик деформация назарияси” ва эластик услуб ечимлари Ўзбекистонда деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикасида алгоритмлаштириш муаммосини ҳал этишда кенг ва самарали қўлланилмоқда. Бугун олимнинг ғояларини Ш.Назиров, К.Ш.Бобомуратов, Ф.Бадалов каби ўзбек олимлари самарали давом эттирдилар. Бугунги кунда алгоритмлаштириш ва АСУсиз ҳаётимизни тасаввур қилиб бўлмайди.

А.А.Ильошиннинг ҳамфикр дўсти Ҳ.А.Рахматулин 1956 йилда ўзаро киришувчан кўпфазали муҳитлар ҳақидаги ишларини эълон қилгандан кейин Ўзбекистонда кўпфазали муҳитлар гидродинамикаси бўйича тадқиқотлар бошланди. 1960-йиллардаёқ ЎЗР ФА Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида Ж.Ф.Файзуллаев бошчилигида гидродинамика лабораторияси тузилган ҳамда қувурларда кўпфазали оқимлар гидродинамикаси бўйича тадқиқотлар олиб борилган. Қувурлар қаршилиги аниқланиб, ўзаро таъсир коэффициентлари ва дискрет фазаларнинг шартли қовушқоқлигини аниқлаш услуби топишган. Кенгайдиган қувурларда сиқилмайдиган идеал икки фазали муҳитларнинг сокин ҳаракатининг чизиксиз масалалари, ярим чексиз қувурда икки, уч фазали қовушқоқ сиқилмайдиган муҳитларнинг сокинлашадиган ҳаракати масалалари, кўпфазали оқимнинг чекли қувурдаги ҳаракати масалалари ҳал қилинган. Аралашма фазалари тезлиги, босимининг ўзгариши ЭХМ ёрдамида ҳисобланиб, бу ўзгаришларнинг қонуниятлари аниқланган.

Бу йилларда Ҳ.А.Рахматулин раҳбарлигида кўпфазачиларнинг Ўзбекистонда йирик мактаби шаклланди. Ж.Ф.Файзуллаев, О.И.Умаров, Қ.Ш.Латипов, А.О.Шокиров, А.А.Ҳамидов, Қ.Наврўзов, Ў.Ҳ.Мамбетов, К.В.Мукук, В.А.Мусабаев, С.Жўрабеков, Ш.Аҳмедов, Ш.Шоҳамидов, М.Шоюсупов, А.Абдурахимов, А.Толаматов ва бошқалар устоз ғояларини муваффақият билан ривожлантирдилар.

“Туташ муҳитларда тўлқин тарқалиши” соҳасида Ш.Маматкулов, Ё.Соатов, Т.Ортиқов ва бошқалар самарали изландилар.

“Механикалар учлиги”нинг яна бир вакили Муҳаммад Тошевич Ўрозбоевдир. Унинг номини четлаб ўтиб Ўзбекистонда механика фанининг равнақи ҳақида гап бўлиши мумкин эмас. М.Т.Ўрозбоевни замонавий ўзбек механикаларининг отаси дейишади. Чунки у 1947 йилда қурилиш механикаси бўйича докторлик диссертациясини ҳимоя қилиб, профессор унвонига эга бўлди. Шу йили ЎЗР ФА Иншоотлар мустаҳкамлиги институтини ташкил қилиб, унинг биринчи директори бўлди. Ушбу институт қисқа вақт ичида республика-

нинг илмий марказига айланди ва халқ хўжалигининг долзарб вазифалари бўйича истиқболли лойиҳаларни ишлаб чиқди.

М.Т.Ўрозбоев туташ муҳитлар механикаси бўйича йирик олим, назарий ва амалий механиканинг янги йўналишларига асос солибгина қолмай, у собиқ иттифокда академик К.С.Завриев ва А.Г.Назаровлар билан биргаликда “Сейсмик мустаҳкамликнинг динамик назарияси” асосчисидир. У 1957 йилда собиқ иттифок Архитектура ва қурилиш академиясининг академиги бўлган эди.

Бугунги кунда Ўзбекистонда қурилиш механикаси соҳасини, машинасозлик назариясини, эластиклик назариясини, гидротехника соҳасини олимнинг тадқиқотларисиз тасаввур қилиш қийин. Унинг бошлаган ишларини шогирдлари – Ҳ.Усмонхўжаев, А.Глушенко, В.Т.Рассказовский, У.Ш.Шамсиев, Р.Х.Мухитдинова, Т.Ш.Ширинкулов, Г.Х.Хожметов, С.С.Негматов ва бошқалар самарали давом қилдирдилар. Олимнинг бевосита раҳбарлиги остида Ўзбекистоннинг янги замонавий инженер-техник кадрлари етишиб чиқди ва бугунги техник тараққиётнинг ҳал қилувчи кучига айланди.

“Механиклар учлиги” – А.А.Ильюшин, Ҳ.А.Рахматулин ва М.Т.Ўрозбоев дўстлиги туфайли Ўзбекистонда стерженлар, ҳажмий жисмлар, плиталар ва қобикларнинг эластик-пластик тебранишлари назарияси ФАнинг бир қатор институтларида ривожланди. Мураккаб эластик-пластик характеристикали кўпчилик конструкциялар кўп маротабали такрорий юкланишлар эътиборга олиниб ЭҲМда ҳисобланган, тежамкор алгоритмлар яратилган ва синовдан ўтказилган.

Қурилиш механикаси ва деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикаси вазифаларини ҳал этишга қаратилган алгоритмлар тизими яратилди. Фан ва техниканинг жадал ривожланиши деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикасининг энг мураккаб вазифаларини алгоритмлаштиришни ва ечишни талаб этмоқда. Ҳисоблаш техникаси, ўлчаш ва қайд қилиш аппаратларининг ҳозирги даражаси ишончли назарий натижаларни олиш имконини беради. Бу эса шу соҳада илмий-тадқиқотларни янада ривожлантиришга хизмат қилади.

Дарҳақиқат, А.А.Ильюшин яратган “чексиз кичик эластик-пластик деформация назарияси” дунёнинг барча мамлакатларида, шу жумладан, Ўзбекистонда ҳам инженерлик конструкциялари ва иншоотларнинг сейсмик мустаҳкамлиги соҳасида қўлланиб келинади. Олимнинг ўз вақтида “ғайри илмий” деб рад этилган ғоялари ҳозирги замон фани томонидан тасдиқланди, унинг илгари сурган ғоялари шогирдлари фаолиятида бардавомдир!

Хотима ўрнида. Москва давлат университети илмий Кенгаши қарорига мувофиқ 1995 йилда олимга “Эластик-пластик жараёнлар назарияси: назарий-экспериментал тадқиқотлар” асари учун I – даражали М.В.Ломоносов мукофоти берилди. Камдан-кам олимларга тириклигида насиб этадиган Москва давлат университетининг “Олтин хурмат тахтаси”га киритилди.

1998 йил 31май. Замонамизнинг даҳо механик олими бу фоний дунёни тарқ этди. У Механика институти директорлиги лавозимидан, КПСС МК фан бўлимининг мудир лавозимидан ва бошқа сталинча мансабдорлик лавозимларидан воз кечган эди, аммо халқ тақдири, Ватан ҳимояси билан боғлиқ бўлган ҳеч бир тадқиқотдан воз кечмади, балки жонини гаровга қўйиб тинмай фикрлади, тажрибалар ўтказди. Шундай жасоратли экспериментатор бу дунёнинг барча ташвишларидан, жумладан, фандан ҳам кўз юмиб кетди. Охиргиси ниҳоятда оғир эди...

1998 йил 3 июнь. Олим билан охирги видолашув... Москва давлат университети ректори В.А.Садовничий шундай деди: “Россия фани ўрнини тўлдириб бўлмайдиган оғир жудоликка учради, бугун биз № 1 – рақамли совет Механигини сўнгги йўлга кузатмоқдамиз...” (А.А.Ильюшин – выдающийся механик современности. М.: МАМИ, 2013. С.26.). Шу тарзда А.А.Ильюшин ўз ғоялари билан иккинчи ҳаётини бошлади!

Олим борки...

(А.А.Ильюшинни эслаб)

Олимлар бор, тиллари бийрон,
Олимлар бор, сўзи жарангдор.
Олимлар бор, гапга чечанмас –
Жаранглаб турувчи иши бор.

Йигирма уч саҳифада у,
Кашф этолди буюк инқилоб.
Ўз номини қолдирди мангу,
Ғоялари – мисоли офтоб.

Олимлар бор, унвони судрар,
Иши эса орқага тортар.
Олимлар бор, ишлари доим
Эгасига шарафлар ортар.

Кам гапириб, кўп иш қиларди,
Қойил этар эди: “Ха-ха!”ни.
Гар англаймиз Ильюшин десак –
Замонавий механикани!

ЎзР ФА академиги. Турсунбой Рашидов,
Доцент, Муҳаммад Раҳим

“ТРАНСПОРТ ИНШООТЛАРИ ҚУРИЛИШИДА ИННОВАЦИЯЛАР: КЕЛИБ ЧИҚИШИ, МУАММОЛАРИ, РИВОЖЛАНИШ ИСТИҚБОЛЛАРИ” НОМЛИ ХАЛҚАРО ИЛМИЙ-АМАЛИЙ КОНФЕРЕНЦИЯСИ ТЎҒРИСИДА

2016 йил 2-3 март кунлари Қирғизистон Республикаси Бишкек шаҳрида т.ф.д, проф. Р.С. Картанбаевнинг 60 ёшига бағишланган “Транспорт иншоотлари қурилишида инновациялар: келиб чиқиши, муаммолари, ривожланиш истиқболлари” номли халқаро илмий-амалий конференцияси бўлиб ўтди. Конференцияда Н. Исанов номидаги Қирғизистон Давлат архитектура ва қурилиш университети, Қозоғистон Республикаси Фанлар академияси, Автомобиль йўллари илмий текшириш институти, Москва автомобиль йўллари илмий текшириш институти, Россия, Сибир, Белоруссия, Украина, Қирғизистон давлатлари автомобиль йўллари илмий текшириш институтлари, Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти ва Тошкент автомобиль-йўллар институти, ҳамда халқаро экспертлар иштирок этишди.

Конференция ишида Давлат раҳбарлари ва Халқаро ташкилотлар вакиллари, соҳа мутахассислари, олимлар ҳамда талабалар иштирок этишди. Очилиш маросимида Исанов номидаги Қирғизистон Давлат архитектура ва қурилиш университетида таълим олаётган талабаларнинг илмий изланишлари ва улар томонидан яратилган инновацион ишланмаларнинг тақдимотлари бўлиб ўтди. Шундан сўнг Р.С. Картанбаевнинг олиб борган илмий изланишлари ва уларни амалиётга жорий этилганлиги ва 10 дан ортиқ шогирдларни етиштириб чиқарганлиги, 15 дан ортиқ монографиялар, 250 дан ортиқ илмий мақолалар chop қилинганлиги ҳақида унинг шогирдлари тўлиқ маълумот бердилар ҳамда унинг оила аъзолари билан таништирилди.

Конференция иши 4 та йўналиш бўйича олиб борилди:

1. Тоғли ҳудудларда транспорт иншоотлари.
2. Транспорт иншоотларини қуришда замонавий қурилиш материалларининг қўлланилиши.
3. Қурилиш машиналари ва ҳаракат хавфсизлигини таъминлаш.
4. Транспорт иншоотларини қурилишида қурилиш механикаси.

Конференцияда бугунги кунда олиб борилаётган илмий изланишлар натижалари ва амалий тажрибалар, йўл қурилиш машиналари, йўл қурилишида ишлатиладиган замонавий қурилиш материаллари ва бугунги кундаги олиб борилаётган илмий ва амалий изланишларнинг натижалари ҳамда ҳамкорлик алоқалари бўйича суҳбатлар ўтказилди.

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ, ПРОФЕССОР ГАЙБНАЗАР ХАДИЕВИЧ ХОЖМЕТОВ 75-ЁШДА

Техника фанлари доктори, профессор, Ўзбекистон ёшлари ва Ўзбекистон Республикаси Беруний номидаги Давлат мукофоти лауреати, етук механик олим, Олий таълимнинг билимдони Гайбназар Хожметов 75 ёшга тўлди.

Гайбназар Хожметов 1940-йил 26-декабрда Қозоғистон Республикасининг Чимкент шаҳрида таваллуд топди. 1958 йилда Чимкентдаги Мирзо Улуғбек номли 3- ўрта мактабни олтин медаль билан тамомлаб, шу йили Тошкент Политехника институтининг механика факультети талабаси бўлди.

Республикага малакали кадрлар тайёрлаш мақсадида 1962-йилда у, аълочи талабалар қаторида Н.Э. Бауман номидаги Москва Олий техник ўқув юртига ўқишга юборилди ва 1965-йилда ўқишни муҳандис-механик мутахассислиги бўйича муваффақиятли тамомлади.

Меҳнат фаолиятини 1965-йилда Чирчиқ шаҳридаги “Ўзбеккимёаш” заводида муҳандислик лавозимидан бошлади. 1966-1997 йиллар давомида Ўзбекистон Республикаси Фанлар Академиясининг Ўрозбоев номидаги Механика ва иншоотларнинг сейсмик мустаҳкамлиги институтида (ҳозирги Иншоотларнинг сейсмик мустаҳкамлиги институтида), кичик илмий ходим, бош муҳандис, катта илмий ходим ва лаборатория мудир лавозимларида фаолият олиб борди.

1997-йилдан буён Тошкент автомобиль-йўллар институтида илмий ишлар бўйича проректор, “Амалий механика” кафедраси мудир ва ҳозирги кунда шу кафедранинг профессори лавозимларида фаолият юритиб келмоқда.

Педагогик фаолиятини 1967-йилда бошлаб, фаолияти давомида Тошкент темир йўллари муҳандислари институти, Ўзбекистон Миллий Университети, Тошкент Давлат техника университети ва



Тошкент автомобил-йўллари институтларида талабалар ва мутахассисларга назарий механика, материаллар қаршилиги ва махсус фанлардан сабоқ берди.

1972-йилда номзодлик, 1979-йилда докторлик диссертацияларини ёклаб, “Деформацияланувчи қаттиқ жисм механикаси” мутахассислиги бўйича техника фанлари доктори даражасига эришди. 1972-йилда катта илмий ходим, 1981-йилда профессор илмий унвонларига сазовор бўлди.

Илмий устозлари XX асрнинг буюк механик олими Алексей Антонович Ильющин, Ўзбекистон Фанлар Академиясининг академиклари Мухаммад Тошевич Ўрозбоев ва Турсунбой Рашидовлардир.

Гайбназар Хожметов механика соҳасида дунё миқёсидаги таниқли олимдир. Дунё механик олимлари томонидан тан олинган “Ер ости иншоотларининг экспериментал механикаси” йўналишига асос солди ва уни ривожлантирди. Олинган натижалардан Тошкент, София ва Деҳли метрополитенлари қурилишида кенг фойдаланилди. Космос соҳасида ойдан тупроқ олиш ускуналарини яратиб такомиллаштирди ва улардан амалда фойдаланилган. Бундан ташқари махсус иншоотларнинг кучли портлашдаги мустаҳкамлиги муаммоларини ҳам ҳал қилган. У томонидан бир қатор тажрибавий қурилмалар барпо этилиб, улар ёрдамида ер ости ва ер усти иншоотлари, автомобиль йўллари, тоғ қияликлари устиворлиги масалалари ўрганилган. Унинг илмий изланишлари натижалари транспорт иншоотлари зилзилабардошлигини ўрганишда ва меъёрий хужжатлар ишлаб чиқишда асос бўлиб хизмат қилган.

Гайбназар Хожметов нафақат механика қолаверса биомеханика соҳасида ҳам, ортопедияга таълуқли одам танасидаги зўриқишларни ва сколиоз касаллиги даражасини аниқлаш усулларини ишлаб чиққан.

Тошкент автомобил-йўллари институтидаги фаолияти давомида автомобил йўллари қурилишида янги технологияларни қўллаб йўлларни геосинтетик материаллар билан мустаҳкамлаш йўналишида кенг қўламли иш олиб борди. Айнан шу йўналиш бўйича бир неча хўжалик шартномалари ва Давлат дастури доирасидаги инновация ишларини олиб борди.

Гайбназар Хожметов бир неча ўқув қўлланмалар, ўқув дарсликлари, монографиялар, патентлар ва 200 дан ортиқ илмий мақолаларнинг муаллифидир.

Гайбназар Хожметов 30 дан ортиқ фан номзодларини етиштирди ва 10 дан ортиқ докторлик диссертацияларига илмий маслаҳатчи бўлди. 1985-йилда Россия Фанлар Академиясининг назарий ва амалий механика бўйича Миллий қўмита аъзоси этиб сайланган.

Илмий ва педагогик соҳада эришган ютуқлари учун 1973-йили Ўзбекистон ёшлари, 1983-йилда Ўзбекистон Республикаси Абу Райхон Беруний номидаги Давлат мукофоти, 1993-йилда Ўзбекистон Республикаси Олий кенгашининг фахрий ёрликларига сазовор бўлди.

Гайбназар Хожметов намунали оила раҳбари. Рафиқалари Замирахон билан биргаликда ўғиллари Бекназар ва Ғолибназар, кизлари Нафисахонни яхши тарбиялаганлар, барча фарзандлари - олий маълумотли. У киши нафақат маҳалла-қуй, қариндош-уруғ, ёру-дўстлар орасида, шунингдек, Ўзбекистон ва кўпгина хорижий мамлакатлар илмий жамоалари орасида катта обрў-эътиборга эга.

Гайбназар Хожметовга ўзининг 75 ёшини янги куч ва ғайрат билан кутиб олмоқда, унга келгуси ишларида зафарлар ва муваффақиятлар тилаймиз.

Журнал таҳририяти

ДОКТОРУ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПРОФЕССОРУ АБДУРАХМАНУ АСИМОВИЧУ ИШАНХОДЖАЕВУ 75ЛЕТ



Абдурахман Асимович Ишанходжаев родился 23 февраля 1941 г. в г. Ташкенте. В 1957 г. окончил с золотой медалью среднюю школу, в 1962 г. – Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта. В 1962 – 1963 гг. – инженер Республиканского государственного института по проектированию объектов водного хозяйства–Узгипроводхоза, в 1963 – 1967 гг. – мастер и прораб треста № 153 “Главташкентстроя”.

В декабре 1967 г. А.А. Ишанходжаев, уже имеющий более чем пятилетнюю проектную и производственную практику инженера-строителя, поступает на учебу в аспирантуру Института механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева Академии наук Узбекистана, в 1970 – 1975 гг. – младший и старший научный сотрудник этого института, в 1975 – 1987 гг. – заведующий организованной им лаборатории «Сейсмостойкость метрополитена». Созданная в июне 1975 г. эта лаборатория активно участвовала в разработке и внедрении сейсмостойких конструкций перегонных и станционных тоннелей Ташкентского метрополитена.

А.А. Ишанходжаев под научным руководством академика Турсунбая Рашидовича Рашидова защитил в 1972 г. кандидатскую, а в 1991 г. – докторскую диссертацию. А.А. Ишанходжаев – известный учёный в области транспортного строительства. Под его руководством и при участии разработаны и внедрены новые сейсмостойкие конструкции Ташкентского метрополитена и методы их расчета. На построенных участках Ташкентского метрополитена проведены уникальные эксперименты по испытанию перегонных и станционных конструкций при динамических воздействиях, организованы инженерно-сейсмометрические наблюдения. А.А. Ишанходжаев принимал активное участие в обследовании воздействия Ташкентского, Назарбекского и Наманганского (Узбекистан), Кайраккумского, Исфара-Баткенского и Гиссарского (Таджикистан), Спитакского (Армения) землетрясений на транспортные сооружения.

В 1987 – 2011 гг. А.А. Ишанходжаев заведует кафедрой «Мосты и транспортные тоннели» Ташкентского автомобильно-дорожного института, с марта 2011 г. работает в должности профессора указанной кафедры.

А.А. Ишанходжаев оказывает непосредственную помощь в методическом обеспечении дисциплин по проектированию, строительству и эксплуатации дорожно-мостовых сооружений, преподаваемых на родственных кафедрах Нукусского государственного университета, Самаркандского государственного архитектурно-строительного, Джизакского и Ургенчского политехнических институтов, Ташкентского и Кокандского автомобильно-дорожных колледжей, является почётным профессором Павлодарского государственного университета (Республика Казахстан) и Самаркандского государственного архитектурно-строительного института.

А.А. Ишанходжаев – автор 150 научных трудов, в том числе 2 монографий, 2 учебных пособий для профессионально-технических колледжей, 8 опубликованных за рубежом научных статей, 6 авторских свидетельств и патентов, внедрённых в производство. Под его руководством защищены 1 докторская и 8 кандидатских диссертаций, выполняются ряд хозяйственных договоров, фундаментальные и прикладные научные Гранты, Республиканские и отраслевые нормативные документы по дорожно-мостовому строительству.

А.А. Ишанходжаев является лауреатом Государственной премии Узбекистана в области науки и техники им. Беруни. Он награждён орденом «Знак почёта», нагрудными знаками «Олий ва ўрта махсус таълим фидойиси», «Олий таълим аълочиси», «Йўл усталари устози», почётными грамотами Президиума АН РУз и Минвуза РУз.

Абдурахман Асимович пользуется заслуженным авторитетом среди коллектива института, широкой общественности, коллег, соседей по махалле и друзей.

А.А. Ишанходжаев полон энергии, творческих замыслов, инициатив, направленных на разработку и совершенствование методов теории надёжности при расчетах строительных конструкций зданий и сооружений и методологии оценки технического риска, создание и внедрение новых конструкций антисейсмически-деформационных швов автодорожных мостовых сооружений, развитие методов определения грузоподъёмности металлических мостов, имеющих начальные дефекты изготовления в элементах конструкций, развитие методов мониторинга, обследования и испытания конструкций мостов, тоннелей и других сооружений на транспорте.

Редколлегия Узбекского журнала «Проблемы механики» поздравляет профессора Абдурахмана Асимовича Ишанходжаева с 75-летием, желает ему здоровья, семейного счастья и больших творческих успехов.

Редакционная коллегия

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ, ПРОФЕССОР ҲАЁТХОЖИ ЗОИРОВИЧ РАСУЛОВ 75-ЁШДА

“Геомеханика ва пойдеворсозлик” муаммолари бўйича халқаро кўмита аъзоси, Тошкент архитектура-қурилиш институтида хизмат кўрсатган профессор, техника фанлари доктори Ҳаётхожи Расулов 1941 йилнинг 10 апрелида Тошкент шаҳрида таваллуд топди.

Унинг илмий - педагогик фаолияти тўлалигича Тошкент Политехника (1991 йилдан Архитектура қурилиш) институти билан боғлиқ. 1968 йилда номзодлик, 1980 йилда эса докторлик илмий даражаси учун диссертацияни муваффақиятли ёқлади ва ўзбек миллатидан биринчи бўлиб ушбу соҳада фан доктори бўлди. 1981 йилда унга профессор унвони берилди.

Ҳаётхожи Зоирович ТошПИ (ТАҚИ) да профессор, ўзи ташкил этган “Грунтлар механикаси, замин ва пойдеворлар” кафедрасининг мудири (1982 - 2002 й.й.), “Инженер қурилиш” (1982-1986 й.й.), “Саноат ва фуқаро бинолари қурилиши” (1986 – 1988 й.й.) факультетларининг декани, ТошПИ нинг ўқув ишлари бўйича проректори (1988 - 1991 й.й.) лавозимларида фаолият кўрсатди.



Проф. Ҳ.З. Расулов геомеханика соҳаси бўйича кўплаб хорижий мамлакатларнинг мутахассислари орасида танилган олим. Мазкур соҳа муаммолари асосида у томонидан турли йўналишларда илмий изланишлар олиб борилган ва ҳозирги кунда ҳам давом эттирилмоқда. Улардан: сувга тўйинган бўш грунтлар тузилмасининг динамик мустаҳкамлиги ва турғунлигини тадқиқотлаш; сув иншоотлари ва транспорт йўллари кўтармалари таркибида ва улар заминида жойлашган сочилувчан ва боғланишли грунтларнинг сейсмик мустаҳкамлиги; лёсс грунтлар динамикасига оид физик назария; ўта чўкувчан грунтларда барпо этилувчи иншоотлар ҳисоби; қурилиш майдонининг сейсмик турғунлигини аниқлашда грунт хусусиятларини назарда тутиш; антропоген грунтларнинг қурилиш ва реологик хоссаларини тадқиқ этиш; зилзила таъсирида қияликларнинг кўчига нисбатан турғунлигини баҳолаш ва бошқалар. Унинг раҳбарлиги ва иштирокида халқ хўжалиги учун муҳим аҳамиятга эга бўлган 10 дан зиёд илмий изланишлар олиб борилди ва қурилиш амалиётига тадбиқ қилинди.

Ҳаётхожи Зоирович томонидан бир неча муҳандислик усуллари ишлаб чиқилган. Улар, ўз навбатида, зилзила шароитида иншоот заминида юз берувчи юмшоқ боғланиш кучларининг ўзгаришини ҳисобга олиш, зилзила таъсирида заминнинг юк кўтариш қобилиятини аниқлаш, зилзилабардош заминлар яратиш ва грунт мустаҳкамлигининг мувозанат ҳолатига оид муаммоларни ҳал этишга ёрдам беради.

Ҳ.З. Расулов 300 дан зиёд монографиялар, дарсликлар, ўқув қўлланмалар, илмий мақолалар, услубий кўрсатмалар муаллифидир. Уларнинг барчаси янгилик, мустақил фикр баёни ва муаммони тўла-тўқисифодаси билан ажралиб туради.

Ҳ.З. Расулов фаолияти давомида бинокор мутахассислар тайёрлаш билан бирга, илмий кадрлар тайёрлаш билан ҳам шуғулланиб келаяпти. Унинг раҳбарлигида 2 та фан доктори ва 12 та фан номзоди тайёрланган. У халқаро микёсда ўтказилган ўнлаб илмий анжуманларда асосий маърузачи сифатида иштирок этган (Москва, Киев, Санкт-Петербург, Кишинёв, Остона, Душанбе, Ваймер (Германия), Техрон, Стамбул, АҚШ (Чикаго, Калифорния) ва б. Проф. Ҳ.З. Расулов кўплаб жамоат ишларини бажарган ва ҳозирги кунда ҳам фаол қатнашиб келмоқда

Журнал таҳририяти

У КАМТАРИН ИНСОН ЭДИ...



Геомеханика илми бўйича нафақат Ўзбекистонда, собиқ иттифок давлатларида ҳам танилган олим - техника фанлари доктори, профессор Қозокбоев Карим Қозокбоевич агар ҳаёт бўлганларида 100 ёшни қаршилаган бўлар эдилар.

Ўтган асрнинг 50-60 йилларида кам сонли бўлган соҳа мутахассислари ичида у ўзининг меҳнатсеварлиги, камтаринлиги ва билимдонлиги билан ажралиб турар эди.

Карим Қозокбоевич геомеханиканинг бир қанча долзарб йўналишлари бўйича илмий изланишлар олиб борди. Натижада "Ишқабдоғи" шаклдаги чуқур жойлашган пойдеворлар ҳисоби; лёсс ва лёссимон грунтларнинг физик ва механик хоссаларини тадқиқотлаш; марказий ва номарказий юклар таъсирида замин грунтларини зўриқиш ҳолатлари ва эластик заминларда эгилувчан пойдеворларни лойиҳалашга оид илмий изланишлари билан нафақат республика миқёсидаги фанининг ривожлантиришга, балки кўплаб амалий муаммоларни ҳал этишда ҳам муносиб ҳисса қўшди.

Проф. К.К. Қозокбоев томонидан чоп этилган юзга яқин илмий мақолалар қаторида "Расчет П обр-разной конструкции фундаментов", "Плотины Средней Азии", "Строительство ирригационных сооружений в районах нового освоения" каби монографиялари ханузгача илмий изланувчилар эътиборини тортиб келмоқда.

Проф. К.К. Қозокбоев ўзининг меҳнат фаолияти давомида қурилиш ва гидротехника соҳалари бўйича мутахассислар тайёрлашда жонқуяр устоз ва мураббий эди. Унинг кўплаб шогирдлари ва у билан бирга ишлаган хизматдошлари устозни доимо илиқ хотиралар билан ёдга оладилар.

Журнал таҳририяти

ВОСПОМИНАНИЯ О ДОКТОРЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК К.Ш. БАБАМУРАТОВЕ

10 марта 2016 г. исполнилось бы 80 лет доктору физико-математических наук, профессору, лауреату Государственной премии им. Абу Райхана Беруни К.Ш. Бабамуратову.

Камол Шаймарданкулович Бабамуратов родился 10 марта 1936 г. в поселке Кара-Кудук Галляаральского района Самаркандской области. Выпускник физико-математического факультета Самаркандского государственного университета им. Алишера Навои. После окончания учебы в университете с 1961 по 1985 г. работал под руководством академика В.К. Кабулова в Институте механики с ВЦ, позднее – Институте кибернетики с ВЦ АН РУз и прошел все ступени – от должности лаборанта до заведующего лабораторией. В 1968г. успешно защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему "Решение нелинейных задач упругих трехслойных оболочек на ЭВМ" по специальности "Теория упругости и пластичности".

С 1969 г. под влиянием и непосредственным руководством академика В.К. Кабулова и выдающегося ученого-механика А.А. Ильюшина и при их деятельном участии основным научным направлением работ К.Ш. Бабамуратова стало развитие теории упругопластических процессов в теории пластичности и, в частности, развитие метода СН-ЭВМ.

В 1983г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора физико-математических наук на тему "Развитие и реализация метода СН-ЭВМ прочностных расчетов тонкостенных конструкций на основе средств автоматизации эксперимента" по специальности "Механика деформируемого твердого тела" на Совете Московского института электронного машиностроения.

Долгие годы проф. К.Ш. Бабамуратов являлся членом редакционной коллегии сборника научных трудов "Вопросы вычислительной и прикладной математики", журнала "Фан ва турмуш", Узбекского журнала "Проблемы информатики и энергетики".

В день 80-летия проф. К.Ш. Бабамуратова в Институте сейсмостойкости сооружений АН РУз был организован семинар, на который приглашены ученики проф. Бабамуратова, его коллеги. Семинар открыл Р.А. Абилов, охарактеризовавший современное состояние и перспективы развития теории упругопластических процессов, а также состояние дел в области экспериментальных исследований и метода СН-ЭВМ, которые продолжают развиваться в рамках научно-исследовательских программ ИСС АН РУз.

С воспоминаниями выступили И.А. Атабеков, Т.У. Артыков, Д.Н. Ахмедов, которые отметили яркие моменты из жизни Камолла Бабамуратова, в том числе и период его руководства Институтом механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева.

На семинаре особо подчеркивалось, что Камол Шаймарданкулович внес весомый вклад в развитие теоретико-экспериментальных исследований упругопластических деформаций и прочности конструкций, находящихся в условиях реальных сложных многопараметрических нагружений. Им впервые выполнены систематические фундаментальные исследования и дана наиболее полная реализация метода СН-ЭВМ, открывающего перспективы существенного расширения практического приложения современной теории пластичности при расчете и проектировании элементов конструкций машин и сооружений, выявлении резервов несущей способности материалов.

На семинаре также выступил ученик проф. Бабамуратова д.ф.-м.н. А.И. Ходжиметов. Тепло вспоминая своего научного руководителя, он отметил, что при создании лаборатории по экспериментальному исследованию в процессе сложного нагружения была создана группа молодых ученых, которые впоследствии смогли реализовать себя как самостоятельные научные исследователи. Во многом эта заслуга и организаторских способностей Бабамуратова, который сумел создать доброжелательную творческую атмосферу в коллективе. Поделится своим воспоминаниями о проф. Бабамуратове и к.ф.-м.н. В.А. Галиаскаров. Им были отмечены трудности, которые возникали при запуске экспериментальной установки СН, и как они были преодолены, об опыте международного сотрудничества с аналогичными лабораториями в Киеве, Твери, Новосибирске, Москве.

На семинаре присутствовали и родные Камолла Шаймарданкуловича, которые также выступили со своими воспоминаниями и пожеланиями.

В заключительной части семинара выступил академик Т.Р. Рашидов который также поделился своими воспоминаниями о совместной работе с К.М. Бабамуратовым, в частности, при организации и проведении в Ташкенте в 1986 г. съезда по теоретической и прикладной механике.

Редакционная коллегия

К 50-ЛЕТИЮ ТАШКЕНТСКОГО ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯ

26 апреля 1966 г. в 5 ч.22 мин 52 с по местному времени людей разбудил сильный подземный толчок магнитудой 5.3. Очаг тектонического землетрясения находился под центром города на глубине 8 км, сотрясение в центральной части Ташкента было около 8 баллов – эти данные сообщила Центральная сейсмическая станция «Ташкент» Института геологии и геофизики им. Х.А. Абдуллаева АН Узбекистана. Основной толчок сопровождался многочисленными афтершоками, продолжавшимися в течение 1966 – 1968 гг. К 31 декабря 1969 г. общее количество зарегистрированных толчков составило 1102. Наиболее сильные афтершоки (7 баллов) зарегистрированы в течение 1966 года.

Землетрясение разрушило значительное количество жилых домов старого типа (свыше 300 тысяч человек остались без крова), несколько больниц, школ, фабрик, зданий государственных и общественных учреждений. Тысячи семей, пострадавших от землетрясения, были расселены в палаточные городки и специально созданные общежития.

Общая площадь города – 400 км², а его население превышало 1.3 млн человек на тот момент. Город расположен в долине р. Чирчик (правом притоке р. Сырдарьи) в пределах равнинной территории, окаймленной на востоке и северо-востоке горными сооружениями Западного Тянь-Шаня. Землетрясение, произошедшее в Ташкенте 26 апреля 1966 г., не представляет необычного явления для этого района. Ранее было отмечено по крайней мере четыре подобных землетрясения, описание которых находим в различных литературных источниках.

Сильные землетрясения привлекают внимание исследователей из разных областей, так как их последствия приводят к значительным бедствиям в густонаселенных районах. После ташкентского землетрясения были проведены комплексные исследования по изучению глубинного строения сейсмоопасных районов, геологических причин землетрясений и анализ разрушений зданий и сооружений. Тогда в 1971 г. была издана специальная монографическая работа по изучению Ташкентского землетрясения (Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года. Ташкент: Фан, 1971. – 672 с.), которая не теряет своей актуальности и по сегодняшний день.

На основе проведения большой работы по обобщению и систематизации накопленного материала было указано на необходимость отнесения значительной части территории города с учетом грунтовых условий к 9-балльной сейсмической зоне, а также намечены первоочередные мероприятия, необходимые для выяснения геологических причин и закономерностей, определяющих возникновение землетрясений в районе.

По воздействию землетрясения на здания и сооружения был собран обширный материал, на основе обработки которого сделаны выводы о сейсмостойкости зданий в эпицентральной зоне и о методах восстановительных работ поврежденных зданий, выяснены причины повреждения большого количества каменных зданий, составлены предложения по изменению и совершенствованию действующих норм в сейсмостойком строительстве, определены основные конструктивные решения для нового строительства Ташкента (доказана возможность строительства высотных зданий). Совместно с другими организациями составлены указания по восстановлению поврежденных зданий.

Впервые собраны и обобщены фактические данные о повреждениях и разрушениях подземных сооружений, использованные для обобщения и развития теории сейсмостойкости подземных сооружений, которая вышла на сегодняшний день на мировой уровень.

На первом этапе изучения последствий землетрясения и разработки мероприятий по восстановлению и строительству г. Ташкента большое значение имели работы экспедиции по определению интенсивности землетрясения в баллах. Разработана специальная методика определения интенсивности сейсмического воздействия по степени и характеру разрушений. При этом выявлено, что в отдельных случаях интенсивность землетрясения могла превосходить 8 баллов. Установлено также, что большинство зданий новой постройки, рассчитанных на 8-балльную сейсмичность, в районе эпицентра получили существенные повреждения.

По результатам сейсмологических и геолого-геофизических исследований, выполненных в Ташкенте в связи с землетрясением, значительная часть территории отнесена к 9-балльной сейсмической зоне, при этом решено ограничить жилищное строительство в центральной части города, расположенной в районе пересечения наиболее сейсмоактивных разломов.

26 апреля 2016 г. в Бизнес-центре «Пойтахт» состоялся организованный посольством РФ в Ташкенте круглый стол, посвященный 50-летию Ташкентского землетрясения, на котором выступил очевидец землетрясения академик АН РУз Т. Рашидов.

Редакционная коллегия

ОБЪЯВЛЕНИЕ О КОНФЕРЕНЦИИ

12 – 14 сентября 2016 г. в Ташкенте состоится Международная научно-техническая конференция «Прочность конструкций, сейсмодинамика зданий и сооружений».

Организатор конференции: Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз (Ташкент).

Тематические направления конференции:

- Механика деформируемого твердого тела, механика грунтов, жидкости, газа и многофазных сред.
- Сейсмостойкость зданий и сооружений (теория и эксперимент).
- Сейсмодинамика подземных сооружений, оснований и фундаментов, проблемы взаимодействия в системе «грунт - сооружение».
- Сейсмодинамика гидротехнических сооружений и обеспечение их безопасности.
- Сейсмический риск, оценка технического состояния, реконструкция и сейсмоусиление зданий и сооружений, сохранение памятников архитектуры.
- Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры.
- Прочность конструкций и нормативно-правовые документы в проектировании. Оценка последствий землетрясений, информационное обеспечение сейсмической безопасности, защита населения от последствий землетрясений.

Рабочие языки конференции: узбекский, русский, английский.

Полный объем материалов представляется до 31 мая 2016 г.

Адрес Оргкомитета: 100125, Дурмон йули, 31, Академгородок, Ташкент, Узбекистан

Заявки и доклады присылайте по E-mail: instmech@uznet.net отв. секретарю Пулатовой Гульнаре Мухитдиновне

Тел.: (+998 71) 262 – 71 – 32; (+998 71) 262 – 78 – 34;

Факс: (+99871) 262 – 71 – 52.

С правилами оформления докладов и другой информацией можно ознакомиться на сайте www.issan.uz

ОБЪЯВЛЕНИЕ ОБ ИЗДАНИИ МОНОГРАФИИ

«Обеспечение сейсмической безопасности

объектов частной жилой застройки Ферганской долины»,

академика АН РУз, Т.Р. Рашидова, доцента В.А. Кондратьева,

доцента С.Ж. Раззакова, старшего научного сотрудника Н. Нишонова

Монография структурно состоит из Введения, 6 глав, Заключения, Списка литературных источников и Приложений.

Цель монографии заключается в проведении оценок степени сейсмической повреждаемости объектов частной жилой застройки (в первую очередь) на территориях Ферганской, Наманганской и Андижанской областей Ферганской долины, а также в разработке комплекса рекомендаций по обеспечению их сейсмостойкости, безопасной эксплуатации и соответствующей подготовке населения.

В начале монографии приведён «Перечень определений», где отражены наиболее распространённые в литературных источниках понятия и определения, которые встречаются в данной предметной области как в отечественной, так и в зарубежной литературе.

Во Введении монографии приведено обоснование данной проблемы, а также освещаются цели и задачи исследования.

1-я глава посвящена анализу передового мирового (включая страны СНГ) и имеющегося отечественного опыта исследований и практических разработок, посвященных рассматриваемой проблеме. Отечественный опыт представлен результатами исследований, проведённых в рамках проектов, выполненных для города Ташкента с международным участием, а также рядом ГНТП, выполненных авторами к настоящему времени (в частности, комплексная ГНТП К-16-007 и инновационный грант И-8-16).

Во 2-й главе изложен систематизированный материал, отражающий вопросы оценки сейсмологических условий и инженерного анализа последствий произошедших в исследуемом регионе землетрясений. Приведены результаты инженерного анализа последствий землетрясения 20.07.2011 г., выполненного непосредственно авторами в период выезда в наиболее пострадавшие от этого землетрясения регионы.

В 3-й главе проанализированы материалы оценок сейсмостойкости индивидуальных жилых зданий, возведённых частными застройщиками на территориях Ферганской, Наманганской и Андижанской областей. На основе довольно значительного по объёму фактического материала, полученного авторами при проведении натурных обследований объектов в исследованном регионе, составлена классификация зданий по различным системообразующим и классифицирующим признакам (годам постройки, используемым материалам, типам конструктивных решений, распределению в них жилой площади и проживающего населения, а также по степени сейсмической повреждаемости). Проведены оценки объёмно-планировочных и конструктивных решений зданий с позиций обеспечения сейсмостойкости и соответствия требованиям КМК по результатам натурного обследования. При этом выявлены и классифицированы наиболее часто встречающиеся факты несоответствия. Проведена оценка степени сейсмической повреждаемости зданий, наиболее характерных для исследованных регионов конструктивных решений.

В 4-й главе охарактеризованы результаты прогнозных оценок возможного ущерба по жилищному фонду в случае землетрясений различной интенсивности (7, 8 и 9 баллов) по Ферганской, Наманганской и Андижанской областям. При этом отмеченные оценки проведены не только по указанным областям в целом, но и в разрезе каждого района. Размеры возможного ущерба оценены в численном и процентном выражении по показателям общего числа повреждённых зданий, потерям жилой площади и проживающего населения в привязке к степени их повреждений.

5-я глава посвящена изложению результатов расчётной оценки реализованных строительством конструктивных решений зданий с каркасами «синч». На основе проведённой серии расчётов зданий с синчевыми каркасами на сейсмические воздействия различной интенсивности, выполненных в пространственной постановке с использованием программного комплекса «ЛИРА», доказана необходимость обеспечения анкерных связей фундамента с нижним обвязочным брусом синчевого каркаса. Кроме того, доказана состоятельность распространённого в исследуемом регионе конструктивного решения синчевых каркасов с использованием в их верхней части шарнирно-подвижной стоечно-балочной системы.

В 6-й главе приведена серия рекомендаций и пособий по обеспечению сейсмической безопасности зданий индивидуальной жилой застройки, разработанных в рамках выполнения отмеченного проекта. В частности, «Рекомендации по снижению неструктурного риска», «Рекомендации по обеспечению сейсмостойкости зданий с каркасами «синч», «Рекомендации по обеспечению сейсмостойкости зданий со стенами из пахсы», «Рекомендации по обеспечению сейсмостойкости зданий со стенами из сырцового кирпича», «Пособие по оценке технического состояния и безопасной эксплуатации зданий для индивидуальных застройщиков», «Рекомендации по сейсмическому усилению зданий существующей застройки с несущими стенами из местных малопрочных материалов» (включая вопросы усиления зданий с каркасами синч и зданий со стенами из сырцового кирпича, грунтовых блоков и пахсы). Материалы отмеченных рекомендаций и пособий детально проиллюстрированы и изложены доступным языком, рассчитанным на использование широкими слоями населения.

В Приложениях представлена информация справочного и отраслевого характера.

В процессе исследований в указанных регионах исполнителями отмеченного проекта и авторами данной монографии были проведены межобластные научно-практические семинары-тренинги с участием представителей хокимиятов и территориальных подразделений МЧС, инспекции ГАСН, АПУ, органов местного самоуправления и профилирующих вузов региона, на которых состоялись презентации проекта, а также доложены основные результаты его выполнения по областям. Проведены оценки степени подготовленности населения к землетрясениям, выполненные по результатам анкетного опроса участников семинаров-тренингов.

Представленные в монографии результаты исследований обеспечат возможность долгосрочного и оперативного планирования действий, снижающих сейсмический риск, в первую очередь, на населённых территориях Ферганской долины. Они могут быть использованы как при решении текущих вопросов управления и эксплуатации индивидуального жилищного фонда, так и при разработке генеральных планов развития населённых территорий органами управления и планирования, эксплуатационными службами для всей республики, республик Центральной Азии и пр.

Монография предназначена для использования специалистами, выполняющими исследования и практические разработки по различным аспектам проблемы обеспечения сейсмической безопасности, оценки и управления сейсмическим риском, сотрудниками подразделений МЧС, органов государственного управления и планирования, специалистами АПУ, инспекций ГАСН, кадастровыми службами, органами местного самоуправления и др.

Выпуск монографии планируется во второй половине августа 2016 г.

МУНДАРИЖА

Н. А. Коршунова, Л. А. Кулдибаева. Икки тортиш марказидан бири чексизликка интилган ҳол учун нукта ҳаракатини оптималлаштириш.....	3
М. Н. Сидиков, Д. А. Ахмедов. Ноидеал шартли боғланиши системаларда комбинациялаш усули.....	8
С. Т. Джаббаров. Сиқилган газли яримфазода ўққа нисбатан симметрик бўлган ингичка жисмнинг ҳаракати.....	12
Т. Р. Рашидов, М. Ш. Исраилов, Б. М. Мардонов. Қувурнинг грунт билан ўзаротаъсир қонуни чизиксиз бўлганда “қувур-грунт” тизимининг динамикасига чекли тўлқиннинг давомийлигини таъсири.....	18
Ш. С. Юлдашев, С. М. Саидов, М. У. Карабаева. Грунтнинг реологик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда унда тўлқинларнинг тарқалиши.....	21
А. Бегматов. Тўйинган ғовак муҳитдаги бўйлама тўлқинлар ҳақида.....	23
Р. К. Байманов. Текислик даръёси қисмларидаги паст босимли тўғон бьефлари ўзанларининг шаклланиши ҳақида.....	28
М. Р. Бакиев, С. Э. Шукурова. Узунлиги поғонали қурилиш коэффициентига эга бўлган комбинациялашган дамба билан бир томонлама сиқилган оқимнинг таралиш қонуниятлари (бошланғич қисмда).....	32
У. А. Назаров. Кескин кенгаювчи трубадаги бир жинслимас унитар ёқилғили газли аралашмаларда детонацион тўлқинлар.....	36
Б. Мардонов, А. Саримсаков. Хом-ашё валигини аррали цилиндр билан ўзаро таъсир кучларини аниқлаш ва моделлаштириш.....	41
С. О. Нарзиев, Ш. П. Алимухамедов, Ш. И. Хикматов. Ғилдирак формуласи 4×4 бўлган мобил машиналар трансмиссиясини динамик тадқиқ қилиш.....	45
О. С. Норкузиев, Н. Б. Джураева, М. Мирзаева, Д. Кулдошев, Д. Умарова. Вертикал шпиндаелли терим аппаратида пахтани териш жараёнида келиб чиқадиган толаларнинг шикастланиш эҳтимолигини ҳисоблаш.....	48
Б. Ш. Ризаев, Б. Б. Хасанов, О. Чулпанов. Кварцли порфир ва кўмир казиш чиқиндилари асосидаги ғовак тўлдирувчи бетонларнинг иссиқлик-физикавий хоссаларини тадқиқ қилиш.....	52
Р. Ш. Сулаймонов. Чигитли массада юзага келган цилиндрли шаклнинг линтер ишчи камерасидаги айланма ҳаракати.....	54
Ш. Ш. Хакимов. Пахтани йирик ифлосликлардан тозалаш жараёнида кетма-кет технологияли аррали тозалагич ва унинг кўрсаткичлари.....	58
Е. В. Ан. Даврий юкланишларда ер ости қувурларини динамик турғунлиги тадқиқотларида икки ва тўртбўғинли ўзароҳаракат моделларини таъсири таҳлили.....	60
Н. А. Нишонов. Сейсмик кучлар таъсиридаги эластик қовушқоқ ер ости қувурларини динамик ҳолати.....	64
Т. Р. Рашидов, Г. Х. Хожметов, Д. А. Бекмирзаев, Р. Б. Хусайнов. Ер ости иншоотлари сейсmodинамикаси масалаларини соддалаштиришнинг бир усули.....	69
М. К. Усаров. Шарнирли маҳкамланган пластинанинг бимоментларни ҳисобга олган ҳолдаги динамик эгилиши.....	74
А. М. Хаджибаев. Фазо – физик реаллик сифатида.....	78

Илмий ахборотлар

Х. Ғ. Абдулхаев. Пушталарга ишлов берувчи қурилма юмшаткич панжасининг тортишга қаршилиги.....	83
К. И. Байманов. Қум дўнгликларли оқимининг турбулент ҳаракат таркиби.....	86
К. З. Зияев. Шаҳар шароитида енгил автомобилларнинг самарадорлигини баҳолаш.....	90
Ж. К. Ишчанов, С. И. Худайкулов, Ё. Шерматов, М. А. Якубов. Қишлоқ хўжалиги экинларининг ўсиши ва ривожланиши жараёнини математик моделлаштириш.....	93
А. П. Мавлянов, Б. А. Бойханов, А. Джураев, Д. Ю. Мирахмедов. Пахтани майда чиқиндилардан тозалагичи барабани қозикли гарнитурасининг тебранишидаги бурчак тезлиги қамровини ҳисоби.....	98
Б. К. Тилабов. Республика цемент саноатларидаги барабан тегирмонлари учун қўйма ейилишга бардошли цильпебслар тайёрлаш муаммоларини ечиш.....	101
А. Ж. Эргашев, А. Т. Йўлдашев, Н. С. Дуняшин. Пракат станлари жўваларини флюс остида электр ёйида эритиб қоплашни таҳлили.....	106

Хабарлар

Деформацияланувчи қаттиқ жисм механикасида мустаҳкамлик, пластиклик ва устуворлик муаммоларига бағишланган VIII халқаро симпозиум.....	110
А. А. Ильяшиннинг туғилган кунининг 105 – йиллигига бағишланган Халқаро илмий симпозиум.....	110
Алексей Антонович Ильяшин – замонамизнинг даҳо механик олими (ҳаёти ва ижоди ҳақида автопортрет ёхуд эссе).....	111
“Транспорт иншоотлари қурилишида инновациялар: келиб чиқиши, муаммолари, ривожланиш истикболлари” халқаро илмий-амалий конференцияси тўғрисида.....	117
Техника фанлари доктори, профессор Гайбназар Хадиевич Хожметов 75-ёшда.....	117
Техника фанлари доктори, профессор Абдурахман Асимович Ишанходжаев 75-ёшда.....	118
Техника фанлари доктори, профессор Ҳаётхожи Зоирович Расулов 75- ёшда.....	119
У камтарин инсон эди.....	120
Физика - математика фанлари доктори К. Ш. Бабамуратов ҳақида хотиралар.....	121
Тошкент зилзиласининг 50- йиллига бағишлаб.....	122
Конференция ҳақида эълон.....	123
ЎЗР ФА академиги, Т. Р. Рашидов, доцент В. А. Кондратьев, доцент С. Ж. Раззаков, катта илмий ходим Н. А. Нишоновларнинг «Фарғона водийсидаги яқка тартибдаги турар жой объектларининг сейсмик хавфсизлигини таъминлаш» монографиясини нашр этиш ҳақида эълон.....	123

СОДЕРЖАНИЕ

Н. А. Коршунова, Л. А. Кулдибаева. Оптимизация движения точки в случае предельного варианта двух неподвижных центров.....	3
М. Н. Сидиков, Д. А. Ахмедов. Комбинирование связей в системах с неидеальными условными связями.....	8
С. Т. Джаббаров. Движение тонкого осесимметрического тела в полупространстве, занятом сжимаемым газом.....	12
Т. Р. Рашидов, М. Ш. Исраилов, Б. М. Мардонов. Действие волны конечной продолжительности на динамику системы «трубопровод – грунт» при нелинейном законе взаимодействия трубопровода с грунтом.....	18
Ш. С. Юлдашев, С. М. Саидов, М. У. Карабаева. Распространение вибрации в грунтах с учетом реологических свойств.....	21
А. Бегматов. О продольных волнах в насыщенной пористой среде.....	23
Р. К. Байманов. О формировании русел в бьефах низконапорных плотин на равнинных участках рек.....	28
М. Р. Бакиев, С. Э. Шукурова. Закономерности растекания потока, одностороннее стесненного комбинированными дамбами ступенчатой застройки, за сжатым сечением (начальный участок).....	32
У. А. Назаров. Детонационные волны в неоднородных газовзвесьях унитарного топлива в резко расширяющихся трубах.....	36
Б. Мардонов, А. Саримсаков. Определение сил взаимодействия сырцового валика с пыльным цилиндром и моделирование его движения в рабочей камере.....	41
С. О. Нарзиев, Ш. П. Алимухамедов, Ш. И. Хикматов. Исследование динамики трансмиссии мобильной машины с колесной формулой 4×4.....	45
О. С. Норкузиев, Н. Б. Джураева, М. Мирзаева, Д. Кулдошев, Д. Умарова. Вероятностный расчет повреждаемости волокон хлопка в процессе его сбора вертикальными шпинделями уборочного аппарата.....	48
Б. Ш. Ризаев, Б. Б. Хасанов, О. Чулпанов. Исследование теплофизических свойств бетонов на пористых заполнителях из кварцевых порфиров и отходов угледобычи.....	52
Р. Ш. Сулаймонов. Вращение цилиндрического тела из зернистой среды в рабочей камере линтера.....	54
Ш. Ш. Хакимов. Обоснование параметров очистителя с последовательной технологией очистки хлопка-сырца от крупного сора.....	58
Е. В. Ан. Анализ влияния двух- и четырехзвенной моделей взаимодействия в исследованиях динамической устойчивости подземных трубопроводов при циклическом нагружении.....	60
Н. А. Нишинов. Динамическое поведение подземных вязкоупругих трубопроводов при сейсмическом воздействии.....	64
Т. Р. Рашидов, Г. Х. Хожметов, Д. А. Бекмирзаев, Р. Б. Хусаинов. Об одном способе упрощения задач сейсмомодинамики подземных сооружений.....	69
М. К. Усаров. Динамический изгиб шарнирно-опертой пластины с учетом бимоментов.....	74
А. М. Хаджибаев. О пространстве, как физической реальности.....	78

Научные сообщения

Х. Г. Абдулхаев. Определение тягового сопротивления рыхлительной лапы устройства для обработки гребней.....	83
К. И. Байманов. Структура турбулентного потока с грядовым дном.....	86
К. З. Зияев. Состояние вопроса оценки эффективности ездовых условий легковых автомобилей в городе.....	90
Ж. К. Ишчанов, С. И. Худайкулов, Ё. Шерматов, М. А. Якубов. Математическое моделирование роста и развития сельскохозяйственных культур.....	93
А. П. Мавлянов, Б. А. Бойханов, А. Джураев, Д. Ю. Мирахмедов. Расчет размаха угловых колебаний колковой гарнитуры составного барабана очистителя хлопка от мелкого сора.....	98
Б. К. Тилабов. Решение проблемы изготовления литых износостойких цельлебсов барабанных мельниц для цементной промышленности республики.....	101
А. Ж. Эргашев, А. Т. Йулдашев, Н. С. Дунышин. Анализ электродуговой наплавки валков под флюсом прокатных станов.....	106

Хроника

VIII Международный научный симпозиум, посвященный проблемам прочности, пластичности и устойчивости в механике деформируемого твердого тела.....	110
Международный научный симпозиум, посвященный 105-летней годовщине со дня рождения А. А. Ильюшина.....	110
Алексей Антонович Ильюшин – великий ученый механик современности (эссе о жизни и творчестве).....	111
О Международной научно-технической конференции “Инновации в области строительства транспортных сооружений: становление, проблемы, перспективы”.....	117
75 лет доктору технических наук, профессору Гаибназару Ходжиевичу Хожметову.....	117
75 лет доктору технических наук, профессору Абдурахману Асимовичу Ишанходжаеву.....	118
75 лет доктору технических наук, профессору Хаётхожи Зоировичу Расулову.....	119
Он был скромным человеком.....	120
Воспоминания о докторе физико-математических наук К. Ш. Бабамуратове.....	121
К 50-летию ташкентского землетрясения.....	122
Объявление о конференции.....	123
Объявление об издании монографии «Обеспечение сейсмической безопасности объектов частной жилой застройки Ферганской долины», академика АН РУз Т. Р. Рашидова, доцента В. А. Кондратьева, доцента С. Ж. Раззакова, старшего научного сотрудника Н. Нишинова.....	123

