

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

МЕХАНИКА
МУАММОЛАРИ

O‘ZBEKISTON
JURNALI

3
2019

УЗБЕКСКИЙ
ЖУРНАЛ

ПРОБЛЕМЫ
МЕХАНИКИ

Журнал под таким названием издается с января 1992 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор - акад. АН РУз Т.Р. РАШИДОВ
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, 33.
Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз

Телефон: + 99871 262-78-34
Факс: +99871 262-71-52
E-mail: tur.rashidov@list.ru

К ФОРМИРОВАНИЮ РАСЧЕТНОЙ МОДЕЛИ СЕТЧАТЫХ КОНСТРУКЦИЙ АРМИРОВАННЫХ ОДНОСЛОЙНЫХ ПЛАСТИН

Повышение прочности и долговечности, снижение материалоемкости, интенсификация рабочих параметров армированных пластин и оболочечных конструкций – наиболее важные условия повышения эффективности их применения в таких отраслях, как строительство, машиностроение, энергетика [1 – 4].

Многослойные пластины и оболочечные конструкции обладают существенной спецификой конструктивных форм, технологией изготовления, условиями эксплуатации, физико-механическими свойствами применяемых материалов. Многие вопросы, связанные с проектированием пластин, панелей и оболочечных конструкций, приводят к исследованию напряженно-деформированного состояния, прочности и устойчивости таких конструкций.

Развитие теории анизотропных слоистых пластин, оболочек нашло освещение в работах С.А. Амбарцумяна, Н.А. Алфутова, В.В. Болотина, Я.М. Григоренко, Э.И. Григолюка и Г.М. Куликова. Методы расчета на прочность многослойных армированных оболочек, численные алгоритмы решения задач оболочек вращения изложены в [1]. Монография [2] посвящена вопросам расчета анизотропных тел. В ней рассмотрены основные уравнения теории анизотропных оболочек, определение НДС и колебаний различных типов конструкций. В книге [3] изложены методы расчета пластин и оболочек на прочность и устойчивость при упругих и упругопластических деформациях. Рассмотрены подкрепленные пластины, двухслойные и многослойные оболочки, а также пологие трехслойные оболочки с упругими заполнителями.

В работе [4] излагаются теория тонких упругих сетчатых оболочек и пластинок, а также ее приложения в технике. Основное внимание уделено вопросам теории однослойных и трехслойных конструкций, сетки которых представляют собой стержневые системы. При решении краевых задач используются как аналитические, так и численные методы.

Вопросы алгоритмизации решений задач теории упругости и пластичности, тонкостенных стержней, пластин оболочек впервые были поставлены академиком В.К. Кабуловым и развиты его учениками и последователями. В работах Т. Буриева разработаны математические модели и численные методы решения краевых задач механики деформируемого твердого тела (МДТТ), а также автоматизации проектирования пространственных конструкций и панелей сложной компоновки с учетом реальных свойств материалов [5].

В статьях Х.А. Акрамова [6, 7] рассмотрены модели деформирования однослойных и трехслойных стеновых железобетонных панелей с гибкими связями и утеплителями. Показано принципиальное отличие трехслойных железобетонных стеновых панелей от слоистых анизотропных пластин и оболочек. Сформулированы постановка задачи и методы решения задач равновесия трехслойных железобетонных стеновых панелей. Результаты расчетных данных по однослойным панелям сравнены с экспериментальными при различных значениях разрушающих нагрузок.

Отметим, что наиболее распространенными методами решения краевых задач теории пластин и оболочек являются метод конечных разностей, метод конечных элементов и метод численного интегрирования.

Постановка задачи. При разработке расчетной модели сетчатых конструкций панель рассматривается, как пластинчатая конструкция. Однослойная панель рассматривается, как состоящая из тонкой плиты и двух слоев плоского арматурного каркаса. Приведем уравнения состояния для плоских каркасов и тонкой плиты [4].

Для плиты уравнения состояния напишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} T_{11}^{(0)} &= E^{(0)} h (\varepsilon_1 + \nu \varepsilon_2) / (1 - \nu^2), & M_{11}^{(0)} &= -D (\chi_1 + \nu \chi_2), \\ T_{22}^{(0)} &= E^{(0)} h (\varepsilon_2 + \nu \varepsilon_1) / (1 - \nu^2), & M_{22}^{(0)} &= -D (\chi_2 + \nu \chi_1), \\ T_{12}^{(0)} &= T_{21}^{(0)} = E^{(0)} h \varepsilon_{12} / 2(1 + \nu), & M_{12}^{(0)} &= M_{21}^{(0)} = -D(1 + \nu) \tau. \end{aligned} \quad (1)$$

Для арматурного каркаса считаем, что продольная арматура с осью x составляет $\varphi_1=0^0$, а с осью y – $\varphi_2=\pi/2$. Для определения уравнения состояния арматуры используем следующие соотношения [4]:

$$\begin{aligned}
T_{11}^{(1)} &= C_{11}\varepsilon_1 + C_{12}\varepsilon_2 + C_{16}\omega - \sum_{i=1}^n s_i c_i \chi_i', \\
T_{22}^{(1)} &= C_{12}\varepsilon_1 + C_{22}\varepsilon_2 + C_{26}\omega - \sum_{i=1}^n s_i c_i \chi_i', \\
T_{12}^{(1)} &= C_{61}\varepsilon_1 + C_{62}\varepsilon_2 + C_{66}\omega + \sum_{i=1}^n c_i^2 \chi_i', \\
T_{21}^{(1)} &= C_{61}\varepsilon_1 + C_{62}\varepsilon_2 + C_{66}\omega - \sum_{i=1}^n s_i^2 \chi_i', \\
M_{11}^{(1)} &= -[(D_{11} + K_{11})\chi_1 + (D_{12} - K_{12})\chi_2 + (2D_{16} - K_{16})\tau], \\
M_{22}^{(1)} &= -[(D_{21} - K_{21})\chi_1 + (D_{22} + K_{22})\chi_2 + (2D_{26} + K_{26})\tau], \\
M_{12}^{(1)} &= [(D_{61} + K_{61}^{(1)})\chi_1 + (D_{62} + K_{62}^{(1)})\chi_2 + (D_{66} + K_{66}^{(1)})\tau], \\
M_{21}^{(1)} &= [(D_{61} + K_{61}^{(2)})\chi_1 + (D_{62} - K_{62}^{(2)})\chi_2 + (D_{66} - K_{66}^{(1)})\tau], \\
M_{1s}^{(1)} &= -\sum_{i=1}^n I_i^0 c_i \chi_i^0, \quad M_{2s}^{(1)} = \sum_{i=1}^n I_i^0 s_i \chi_i^0
\end{aligned} \tag{2}$$

Здесь приняты обозначения:

$$\begin{aligned}
C_{11} &= \sum_{i=1}^n K_i c_i^4, \quad C_{12} = C_{66} = \sum_{i=1}^n K_i s_i^2 c_i^2, \quad C_{16} = \sum_{i=1}^n K_i s_i c_i^3, \\
C_{22} &= \sum_{i=1}^n K_i s_i^4, \quad C_{26} = \sum_{i=1}^n K_i s_i^3 c_i, \quad C_{ij} = C_{ji}, \\
D_{11} &= \sum_{i=1}^n I_i c_i^4, \quad C_{12} = C_{66}/2 = \sum_{i=1}^n I_i s_i^2 c_i^2, \quad D_{16} = \sum_{i=1}^n I_i s_i c_i^3, \\
D_{22} &= \sum_{i=1}^n I_i s_i^4, \quad D_{26} = \sum_{i=1}^n I_i s_i^3 c_i, \quad D_{ij} = D_{ji}, \\
K_{11} &= K_{22} = K_{12} = K_{21} = \sum_{i=1}^n C_i s_i^2 c_i^2, \quad K_{61}^{(1)} = K_{62}^{(1)} = \sum_{i=1}^n C_i s_i c_i^3, \\
K_{16} &= K_{62} = \sum_{i=1}^n C_i s_i^2 c_i^2 \cos 2\varphi_i, \quad K_{66}^{(1)} = \sum_{i=1}^n C_i c_i^2 \cos 2\varphi_i, \\
K_{61}^{(2)} &= K_{62}^{(2)} = \sum_{i=1}^n C_i s_i^3 c_i, \quad K_{66}^{(2)} = \sum_{i=1}^n C_i s_i^2 \cos 2\varphi_i, \\
I_i^0 &= E_i J_{21}/a_i, \quad \chi_i' = a_i^{-1} \nabla_i (E_i J_{2i} \chi_i^0),
\end{aligned} \tag{3}$$

где $K_i = E_i F_i / a_i$, $I_i = E_i J_i / a_i$, $C_i = G_i F_{3i} / a_i$. Параметры K_i , I_i , I_i^0 , C_i представляют собой отношения соответствующих жесткостных характеристик стержней к расстоянию между их осями. Здесь F_i , J_{1i} , J_{2i} ,

J_{3i} – площадь, главные центральные моменты инерции, соответствующие изгибу в нормальной и касательной к срединной поверхности плоскостей, и момент инерции при кручении поперечного сечения арматуры; a_i – расстояние между осями соседних арматур.

Теперь определяем усилия и моменты в стержнях (в арматуре) сетчатой пластинки. Будем считать, что одна из главных центральных осей стержней совпадает с направлением нормали к срединной поверхности панели.

Зависимость усилий и моментов, возникающих в стержнях от компонентов деформации, имеет вид [4]:

$$\begin{aligned} N_i^* &= E_i F_i \varepsilon_i^*, & M_i^* &= -E_i J_i \chi_i^* \\ G_i^* &= -E_i J_{2i} \varepsilon_i^*, & M_i^* &= G_i J_{3i} \tau_i^* \\ Q_i^* &= -\nabla_i M_i^*, & S_i^* &= -\nabla_i G_i^*. \end{aligned} \quad (4)$$

Для рассматриваемой панели деформации кривизна и кручение стержня имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1^* &= \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} - z_i \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; & \chi_1^* &= -\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; & \tau_i^* &= -\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}; \\ \varepsilon_2^* &= \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} - z_i \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; & \chi_2^* &= -\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}; & \chi_j^* &= -\nabla_i \psi_i; \\ \chi_1^0 &= -\nabla_1 \psi_1 = \frac{\partial \psi_1}{\partial x}; & \chi_2^0 &= -\nabla_2 \psi_2 = \frac{\partial \psi_2}{\partial y}; \\ \psi_1 &= -\delta + \frac{\omega}{2} = \frac{\partial v}{\partial x}; & \psi_2 &= -\delta - \frac{\omega}{2} = \frac{\partial u}{\partial y}. \end{aligned} \quad (5)$$

В результате получим

$$\chi_1^0 = \frac{\partial \psi_1}{\partial x} = \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}; \quad \chi_2^0 = -\frac{\partial \psi_2}{\partial y} = \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}.$$

Отметим, что ψ и δ определяются по формулам [4]:

$$\begin{aligned} 2\psi &= -2\delta + \omega \cos 2\varphi + (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) \sin \varphi; & \delta &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right); \\ \omega &= \frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x}; & \chi_i^0 &= -\nabla_i \psi_i; & \left(\nabla_i &= c_i \frac{\partial}{\partial x} + s_i \frac{\partial}{\partial y} \right); & c_i &= \cos \varphi_i; & s_i &= \sin \varphi_i; \end{aligned} \quad (6)$$

Для получения уравнений равновесия в перемещениях используем уравнения поперечного изгиба сетчатых пластинок в усилиях с соответствующими граничными условиями [2]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial T_{11}}{\partial x} + \frac{\partial T_{21}}{\partial y} + X &= 0 & \frac{\partial T_{22}}{\partial y} + \frac{\partial T_{12}}{\partial x} + Y &= 0, \\ \frac{\partial^2 M_{11}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M_{12}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_{21}}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 M_{22}}{\partial y^2} + Z &= 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Используя соотношения (1) и (2), определяем усилия и моменты через перемещения:

$$T_{11} = T_{11}^{(0)} + T_{11}^{(1)}, \dots, \quad M_{11} = M_{11}^{(0)} + M_{11}^{(1)}.$$

Например,

$$\begin{aligned} T_{11} &= \left[\frac{E^{(0)} h}{1 - \nu^2} + \frac{(E_1^{(1)} - E^{(0)}) F_1}{a_1} + \frac{(E_1^{(2)} - E^{(0)}) F_2}{a_2} \right] \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\nu E^{(0)} h}{1 - \nu^2} \frac{\partial v}{\partial y} - \\ &\quad - \left[\frac{(E_1^{(1)} - E^{(0)}) F_1}{a_1} z_1 + \frac{(E_1^{(2)} - E^{(0)}) F_2}{a_2} z_2 \right] \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}; \end{aligned}$$

$$T_{12} = \frac{E^{(0)}h}{2(1+\nu)} \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{E^{(0)}h}{2(1+\nu)} \frac{\partial u}{\partial y} \left[\frac{(E_1^{(1)} - E^{(0)})J_2^{(1)}}{a_1} + \frac{(E_2^{(2)} - E^{(0)})J_2^{(2)}}{a_2} \right] \frac{\partial^3 v}{\partial x^3};$$

(8)

$$M_{11} = - \left[D + \frac{E_1^{(1)} - E^{(0)}}{a_1} (J_{10}^{(1)} + z_1^2 F_1) + \frac{E_1^{(2)} - E^{(0)}}{a_2} (J_{10}^{(2)} + z_2^2 F_2) \right] \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} - Dv \frac{\partial^2 w}{\partial y^2};$$

$$M_{12} = - \left[D(1-\nu) + \frac{(G_1^{(1)} - G^{(0)})}{a_1} J_p^{(1)} + \frac{(G_1^{(2)} - G^{(0)})}{a_2} J_p^{(2)} \right] \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}.$$

С учетом соотношений (8) перепишем уравнения равновесия (7) в перемещениях:

$$K_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + K_{12} \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + K_{13} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + Z = 0;$$

$$K_{21} \frac{\partial^4 u}{\partial y^4} + K_{22} \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + K_{23} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + K_{24} \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial y} K_{25} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + X = 0;$$

$$K_{31} \frac{\partial^4 v}{\partial y^4} + K_{32} \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + K_{33} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + K_{34} \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} K_{35} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + Y = 0.$$

(9)

Систему дифференциальных уравнений (9) представим в векторной форме. Для этого введем следующие векторы:

$$U = (w \ u \ v)^T, \quad Q = (Z \ X \ Y)^T. \quad (10)$$

Систему уравнений (10) с учетом следующих соотношений (11) запишем в векторном виде

$$A \frac{\partial^4 U}{\partial x^4} + B \frac{\partial^4 U}{\partial x^2 \partial y^2} + C \frac{\partial^4 U}{\partial y^4} + D \frac{\partial^3 U}{\partial x^3} + E \frac{\partial^3 U}{\partial y^3} + F \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + J \frac{\partial^2 U}{\partial x \partial y} + I \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + Q = 0. \quad (11)$$

Здесь коэффициенты уравнения (11) – матрицы третьего порядка передаются следующими выражениями:

$$A = \begin{pmatrix} K_{11} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & K_{31} \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} K_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} K_{13} & 0 & 0 \\ 0 & K_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad D = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ K_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

(12)

$$E = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ K_{32} & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad F = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_{23} & 0 \\ 0 & 0 & K_{33} \end{pmatrix}, \quad J = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & K_{24} \\ 0 & K_{34} & 0 \end{pmatrix}, \quad I = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & K_{25} & 0 \\ 0 & 0 & K_{35} \end{pmatrix}.$$

Элементы матрицы K_{ij} имеют следующий вид:

$$K_{11} = D + \frac{E_1^{(1)} - E^{(0)}}{a_1} (J_{10}^{(1)} + z_1^2 F_1) + \frac{E_1^{(2)} - E^{(0)}}{a_2} (J_{10}^{(2)} + z_2^2 F_2);$$

$$K_{12} = 2D + \frac{(G_1^{(1)} - G^{(0)})}{a_1} J_p^{(1)} + \frac{(G_1^{(2)} - G^{(0)})}{a_2} J_p^{(2)} + \frac{(G_1^{(1)} - G^{(0)})}{b_1} \bar{J}_p^{(1)} + \frac{(G_1^{(2)} - G^{(0)})}{b_2} \bar{J}_p^{(2)};$$

$$K_{13} = D + \frac{E_1^{(1)} - E^{(0)}}{b_1} (\bar{J}_{10}^{(1)} + z_1^2 \bar{F}_1) + \frac{E_2^{(2)} - E^{(0)}}{b_2} (\bar{J}_{10}^{(2)} + z_2^2 \bar{F}_2); \quad (13)$$

$$\begin{aligned}
K_{21} &= \frac{(E_2^{(1)} - E^{(0)})\bar{J}_2^{(1)}}{b_1} + \frac{(E_2^{(2)} - E^{(0)})\bar{J}_2^{(2)}}{b_2}; \quad K_{22} = \frac{(E_2^{(1)} - E^{(0)})z_1 F_1}{a_1} + \frac{(E_2^{(2)} - E^{(0)})z_2 F_2}{a_2}; \\
K_{23} &= \frac{E^{(0)}h}{1-\nu^2} + \frac{(E_1^{(1)} - E^{(0)})F_1}{a_1} + \frac{(E_2^{(2)} - E^{(0)})F_2}{a_2}; \quad K_{24} = \frac{E^{(0)}h}{2(1-\nu)}; \quad K_{25} = \frac{E^{(0)}h}{2(1+\nu)}; \\
K_{31} &= -\left[\frac{(E_1^{(1)} - E^{(0)})J_2^{(1)}}{a_1} + \frac{(E_1^{(2)} - E^{(0)})J_2^{(2)}}{a_2} \right]; \quad K_{32} = -\left[\frac{(E_2^{(1)} - E^{(0)})z_1 \bar{F}_1}{b_1} + \frac{(E_2^{(2)} - E^{(0)})z_2 \bar{F}_2}{b_2} \right]; \\
K_{33} &= \frac{E^{(0)}h}{2(1+\nu)}; \quad K_{34} = \frac{E^{(0)}h}{2(1-\nu)}; \quad K_{23} = \frac{E^{(0)}h}{1-\nu^2} + \frac{(E_1^{(1)} - E^{(0)})\bar{F}_1}{b_1} + \frac{(E_2^{(2)} - E^{(0)})\bar{F}_2}{b_2}.
\end{aligned}$$

Представим граничные условия в перемещениях. Например,

$$\begin{aligned}
\left[-\bar{a}_1 \frac{\partial u}{\partial x} - \bar{a}_2 \frac{\partial v}{\partial y} - \bar{a}_3 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + P_{11} \right] \delta u|_x = 0, \quad \left[-\bar{a}_4 \frac{\partial u}{\partial y} - \bar{a}_5 \frac{\partial v}{\partial x} - \bar{a}_6 \frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + P_{21} \right] \delta v|_x = 0; \\
\left[\bar{a}_7 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \bar{a}_8 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + M_{11}^{(p)} \right] \delta \frac{\partial w}{\partial x}|_x = 0, \quad \left[\bar{a}_7 \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + (\bar{a}_8 + \bar{a}_9) \frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} + P_{31} \right] \delta w|_x = 0. \quad (14)
\end{aligned}$$

В угловых панелях сосредоточенные усилия в перемещениях выглядят как

$$\left[\bar{a}_9 \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + M_{21}^{(p)} \right] \delta \frac{\partial w}{\partial y}|_{x|_y} = 0, \quad \left[\bar{b}_9 \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + M_{21}^{(p)} \right] \delta \frac{\partial w}{\partial y}|_{x|_y} = 0. \quad (15)$$

Дифференциальное уравнение (11) с учетом граничных условий (14), (15) решается с использованием метода Бубнова – Галеркина и метода конечных разностей. В результате получена система алгебраических уравнений, которая решается методом матричной прогонки [5, 8].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Григолюк Э.И., Куликов Г.М. Многослойные армированные оболочки. М.: Машиностроение, 1988. – 288 с.
- [2] Амбарцумян С.А. Общая теория анизотропных оболочек. М.: Наука, 1974. – 448с.
- [3] Королев В.И. Упругопластические деформации оболочек. М.: Машиностроение, 1971. – 303 с.
- [4] Пшеничных Т.И. Теория тонких упругих сетчатых оболочек и пластинок. М.: Наука, 1982. – 352 с.
- [5] Буриев Т. Алгоритмизация расчета несущих элементов тонкостенных конструкций. Ташкент: Фан, 1986. – 244с.
- [6] Юлдашев Т. Модели распространения сейсмических волн в слоистой среде земного шара и алгоритмы определения параметров источника. Ташкент: Фан, 2011. – 232 с.
- [7] Кабулов В.К., Акрамов Х.А., Аманов О.Т. Расчет однослойных железобетонных панелей // Доклады АН РУз. 2000. № 6. С. 20 – 22.
- [8] Акрамов Х.А., Аманов О.Т. и др. Расчет трехслойных железобетонных монолитно-связанных изгибаемых элементов со средним слоем из низкочерновых бетонов // Меж. вуз. сб. «Ресурсосберегающие технологии в строительстве». Ташкент: ТашиИИТ, 2012. С. 18 – 23.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Дата поступления
22.05.2019

Ф.Э. Абдукадиров, А. Абдусаттаров, Т. Юлдашев. Бир қатламли кучайтирилган панелларнинг тўрли конструкциясини ҳисоблаш моделини шакллантириши

Ушбу мақолада бир қатламли кучайтирилган панелларнинг тўрли конструкциясини ҳисоблаш модели шакллантирилган, кўчиш орқали мувозанат тенгламаси келтириб чиқарилган.

F.E. Abdukadirov, A. Abdusattarov, T. Yuldashev. The formation of a computational model of mesh structures-reinforced single-layer plates

In this article is given the formation of a computational model of mesh structures-reinforced single-layer panels, presents equations of equilibrium in displacements.

А.И. АДILХОДЖАЕВ, Е.В. ЩИПАЧЕВА, С.С. ШАУМАРОВ

ФОТООПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

Получение в промышленном масштабе энергоэффективных, недорогих и экологически чистых теплоизоляционных строительных материалов является одной из актуальных проблем в строительной науке. Яркий представитель таких материалов – ячеистый бетон. Это искусственный пористый строительный материал с характерной равномерно распределенной мелкодисперсной ячеистой макроструктурой, получаемой в результате поризации и гидратационного твердения рационально подобранной растворной смеси, состоящей из вяжущего, кремнеземистого компонента, порообразователей и добавок [1, 2].

Пористая структура ячеистого бетона представлена различными видами пор: ячеистыми, капиллярными и гелевыми. В связи с этим в задаче исследования свойств ячеистых бетонов основными объектами являются квазиоднородная среда, как совокупность множества упакованных частиц, и ее целостные физические характеристики. Теоретически любая совокупность частиц может быть достаточно полно описана соответствующей матрицей, состоящей из элементов в виде характеристик всех индивидуальных свойств каждой из частиц, включая их индивидуальные фазовые координаты – физические параметры состояния. Определяющими элементами такой матрицы будут параметры макроструктуры ячеистых бетонов, характеризующие связь макроструктуры с их прочностными и теплотехническими свойствами [3].

В силу того, что прочность ячеистого бетона прямо пропорционально зависит от средней плотности, а теплозащитные свойства – обратно пропорционально, то решение задачи оптимизации макроструктуры материала в целях одновременного улучшения и прочностных, и теплотехнических его свойств значительно усложняется. Кроме того, при оптимизации свойств ячеистого бетона необходимо варьировать и слагающими его компонентами. Таким образом, оптимизация в конечном итоге сводится к решению многофункциональной задачи с варьируемыми многокомпонентными параметрами.

Решение задачи оптимизации макроструктуры ячеистых бетонов на основе эксперимента методом «проб и ошибок» – весьма дорогостоящее занятие. Более того, даже эксперимент, основанный на каком-то технологическом приеме, не гарантирует позитивного результата для значений средней плотности, взятой в достаточно широком диапазоне. Учитывая, что теплозащитные свойства ячеистого бетона тесно связаны не только с его средней плотностью и, следовательно, средней пористостью, но и с распределением пор по размерам и особенностями структуры в целом, то определенный интерес представляет способ оценки поровой структуры материала наиболее простым и доступным образом.

Для определения пористости ячеистого бетона был использован разработанный в ТашиИТ метод, основанный на анализе изображений образца материала, полученного с помощью оптического микроскопа Neophot-21 (увеличение составляло 1:5 – 1:10).

Обработка изображений велась при помощи компьютерной программы, включающей ввод изображения, определение типа упаковки (ее близости к одному из трех типов – гексагональной, кубической или ромбической), поиск границ между поровым пространством и материалом (матрицей, различными типами включений и пр.). Правда, на фотографическом изображении скола образца ячеистого бетона фиксируется не пористость, а граница - матрица + включения – перегородки. Перегородки, ограничивающие пору, имеют на изображении светлый тон, отличный от темных тонов матрицы (черный) и включений (серый). Путем «квантования» – изображения (для этого в программе имеется специальный блок) удастся добиться картинки с бинарным распределением (черное – материал, белое – «пористость»). Под «квантованием» понимаем осреднение по градациям уровней яркости в заданных диапазонах.

Процент пористости ячеистого бетона можно определить по формуле

$$P_n(\%) = 100\% - P'_n, \quad (1)$$

где P'_n – вероятность тона изображения границ между материалом и порами (белый цвет).

Фотооптический метод исследования особенностей структуры ячеистого бетона обладает еще одним важным достоинством, а именно: является аппаратом, позволяющим алгоритмизировать процедуру создания модели структуры материала в виде изображения с заданными параметрами пористости или средней плотности. Так, описание структуры ячеистого бетона в терминах формирования его изображения выразится в виде пикселей (минимальный элемент растрового изображения) черного и белого цвета. В результате, задав способ укладки пор путем построения системы многоугольников заданного типа, поры (пиксели белого цвета) размещаются в вершинах этого многоугольника, как показано на рис. 1. Тогда алгоритмически распознавание на изображении границы «материал – поры» сводится к простой процедуре определения уровня яркости: черный (000) – материал, белый (255) – поры.

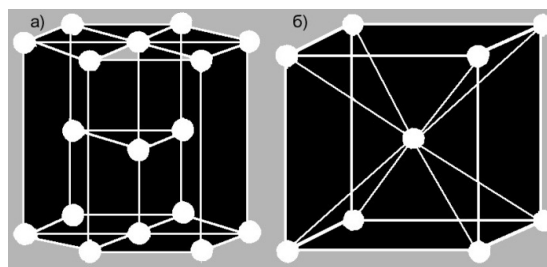


Рис. 1. Гексагональная (а) и кубическая объемно-центрированная (б) упаковки пор

Подсчитав процент, занимаемый белыми пикселями от общей площади изображения, получаем степень пористости образца.

На основе фотооптического метода возможна и обратная постановка задачи: на базе заданного процента пористости материала получить наиболее оптимальное расположение пор (тип упаковки), отвечающее заданным значениям прочности и теплопроводности ячеистого бетона. Имея конкретный вид изображения ячеистого бетона, полученного в результате моделирования, иначе, конкретный вид упаковки пор определенных размеров, отвечающий требуемым (заданным) характеристикам, далее можно ставить технологическую задачу его получения.

Однако результаты исследований фотооптическим методом будут получены на смоделированных образцах с идеальной структурой, которая в практической производственной работе технологически получена быть не может. Поэтому следует ожидать, что реальные образцы при применении соответствующих технологий лишь в той или иной степени могут приближаться к модельно полученным и по своим характеристикам будут занимать, вероятно, какое-то промежуточное положение.

Для подтверждения этого предположения был выполнен численный эксперимент, в котором структура ячеистого бетона моделировалась к условиям, близким к реальным образцам. Для этого с помощью генератора случайных чисел для заданных диапазонов размеров сферических пор и заданного процента пористости моделировалась структура ячеистого бетона. Результаты моделирования анализировались на основе построенных гистограмм для заданного процента пор во всем рассматриваемом диапазоне (от 10 до 90%). Результаты модельных расчетов аппроксимировались кривыми Гаусса (нормальный закон распределения вероятностей) и Коши – Лоренца [4]. На рис. 2 приведена гистограмма модельного расчета структуры ячеистого бетона с использованием генератора случайных чисел для порового пространства 50% в диапазоне размеров пор с радиусом от 0.2 до 2 мм, аппроксимированная функцией Гаусса

$$G(\Delta R_n, \sigma) \cong \exp\left(-\left[\Delta R_n\right]^2 / \sigma^2\right), \quad (2)$$

где σ – стандартное отклонение, и функцией Коши – Лоренца:

$$P(\Delta R_n, \bar{R}_n, b) = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{b}{(R_n - \bar{R}_n)^2 + b^2}, \quad (3)$$

где R_i – радиус пор; $\bar{R}_i$ – среднее значение из заданного диапазона; b – масштабный параметр полуширины на полувисоте. Смоделированную функцию распределения весьма приближенно описывает Гауссова функция, в то время как функция Коши – Лоренца описывает ее с достаточной точностью (см. рис. 2). Таким образом, наблюдается нетривиальный стохастический объект [5].

Так как в ранее выполненных в ТашИИТ исследованиях была доказана возможность описания структуры ячеистого бетона фрактальной размерностью, то был осуществлен численный эксперимент по ее определению для бетонов с пористостью от 10 до 90 % с идеальной гексаго-

нальной и кубической упаковками пор, а также со случайным, определенным с помощью генератора случайных чисел типом укладки (рис. 3).

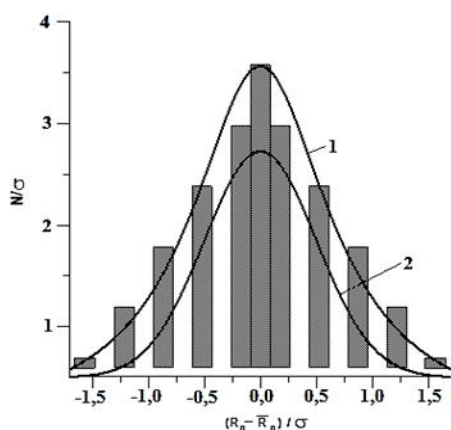


Рис. 2. Гистограмма распределения плотности вероятности пор по размерам, нормированных на величину стандартного отклонения, и ее аппроксимация функциями Коши – Лоренца (1) и Гаусса (2): N – процентное количество пор данного радиуса из заданного диапазона; σ – стандартное отклонение

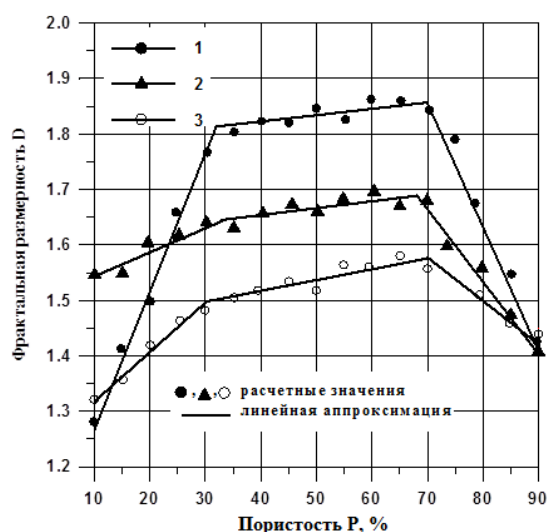


Рис. 3. Зависимость между фрактальной размерностью D и пористостью $P(\%)$ в ячеистом бетоне с заданным процентом пористости с гексагональной (1), случайной (2) и кубической (3) укладкой пор

Как видно из рис. 3, фрактальная ломаная для смоделированной «случайным» образом структуры ячеистого бетона, как и предполагалось, занимает некоторое промежуточное положение между фрактальными ломаными для бетонов с идеальной гексагональной и кубической укладками. Причем, диапазоны ее изменчивости практически совпадают с рассчитанными для моделей идеальными упаковками пор.

Таким образом, фотооптический метод оценки структуры ячеистого бетона, основанный на использовании современного подхода с позиций информационных технологий, достаточно точен в определении и по своей практической реализации более прост, чем классические методы исследований.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Adilkhodzhaev A.I., Shaumarov S.S., Shipacheva E.V., Kandahorov S.I. Complex approach at thermalization external walls of residential buildings // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6. India. 2019. Issue 1. P. 71 – 77.
- [2] Adilkhodzhaev A.I., Shaumarov S.S., Shipacheva E.V., Kandahorov S.I. Modeling of machine structure composite construction materials // European Journal of Research. Vol. 2. Vienna, Austria. 2019. P. 75–84.
- [3] Shaumarov S.S. On the issue of increasing energetic efficiency of buildings in railway transport// VIII International Conference “Transport Problems - 2016”. Katowice, Poland, 2016. P. 522 – 532.
- [4] Spiegel M. R. Theory and problems of probability and statistics. New York: McGraw-Hill, 1992. – 114 p.
- [5] Budaev V. P., Khimchenko L. N. Fractal growth of deposited films in tokamaks - Physica A. Vol. 382. 2007. P. 359 – 377.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Дата поступления
22.05.2019

А.И. Адилходжаев, Е.В. Щипачева, С.С.Шаумаров. Ячейка бетон структурасини баҳолашнинг фотооптик усули

Ушбу мақолада замонавий информацион технологияларга асосланган фотооптик усул ёрдамида ячейка бетон структурасини баҳолаш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган

A.I. Adilkhodzhaev, E.V. Shipacheva, S.S. Shaumarov. Photo-optical method for evaluating the structure of cellular concrete

The article presents the results of studies assessing the structure of cellular concrete using a photo-optical method based on the use of a modern approach from the standpoint of information technology.

ОСОБЕННОСТИ МНОГОЭЛЕКТРОДНОЙ НАПЛАВКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ

Среди большого количества способов наплавки наиболее высокопроизводительной является многоэлектродная, отличающаяся числом подаваемых в зону наплавки электродных проволок и другими преимуществами, подробно представленными в работе [1].

Однако с увеличением числа электродных проволок растет объем расплавленного металла и шлака, что вызывает затруднения при наплавке деталей сложной формы, связанные с удержанием жидкой ванны на их наклонных или цилиндрических поверхностях.

Так как процесс стекания в значительной степени зависит от длины сварочной ванны, последняя может быть принята одним из определяющих параметров при наплавке цилиндрических деталей. При широкослойной наплавке длина ванны меньше, чем при одноэлектродной, однако, с увеличением тепловой мощности источника она становится большей и способствует стеканию.

Тепловые процессы при многоэлектродной наплавке цилиндрических деталей почти не изучены. Имеется ряд работ, посвященных этому вопросу применительно к наплавке лентой, обобщенных в [2, 3].

Допустимая длина сварочной ванны зависит от диаметра детали (рис. 1), величина которой определяет, наряду с режимом наплавки, смещение электродов с зенита. Согласно работе [4], оптимальная форма наплавляемого слоя на цилиндрической поверхности достигается, когда длина ванны равна величине смещения электрода с зенита.

При наплавке цилиндрических деталей больших диаметров (более 250 мм) длина ванны может определяться по формуле

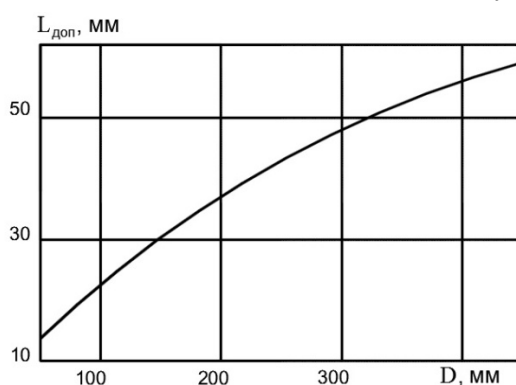


Рис. 1. Зависимость значений допустимой длины сварочной ванны от диаметра наплавляемой детали

$$L = \frac{1}{2\alpha\pi\nu} \left[\frac{q_u \operatorname{erf}\left(\frac{b_o\sqrt{\nu}}{2R\alpha L}\right)}{b_o c \gamma (T_{пл} - T_o)} \right],$$

где q_u – эффективная тепловая мощность.

Здесь $q_u = 0.24 K I U_o \eta_u$, где η_u – коэффициент, представляющий собой отношение эффективной мощности дуги к ее полной мощности: для сварки под флюсом $\eta_u = 0.75 - 0.9$; 0.24 – коэффициент перевода из электрических величин в тепловые, кал/(Вт·с); K – коэффициент, учитывающий влияние несинусоидальности кривых напряжений и тока на мощность дуги (при постоянном токе $K=1$, при переменном $K=0.7 - 0.97$); I – ток, А; U_o – напряжение на дуге, В; ν – скорость наплавки, см/с; b_o – общая ширина сварочной ванны, см; α – коэффициент температуропроводности, см²/с; c – удельная теплоемкость металла, кал/(г·°C); γ – плотность металла, г/см³; L – длина сварочной ванны с учетом нагрева изделия смежными валиками, см:

$$L = \frac{q}{2\pi\lambda(T_{пл} - T_c)},$$

где λ – коэффициент теплопроводности, кал/(см·с·°C); $T_{пл}$ – температура плавления металла, °C; T_o – начальная температура, °C; T_c – температура нагрева детали от смежных валиков в зоне расположения сварочной ванны, °C.

При больших диаметрах детали нагрев от предшествующих валиков мало сказывается на увеличении длины сварочной ванны.

Рассмотрение этих выражений не позволит сделать однозначных выводов о влиянии ширины ванны на ее длину.

Однако расчеты показывают, что с увеличением ширины ванны ее длина увеличивается. Следует учесть, что с увеличением ширины ванны растет мощность источника:

$$q_u = 0.24 \frac{b_o T_{nl} \sqrt{v}}{m}.$$

Резкое увеличение длины ванны наблюдается в области малых b_o . При больших b_o длина ванны монотонно возрастает, достигая максимального значения. Дальнейшее увеличение b_o практически не изменяет длину ванны:

$$L_{\max} = \frac{1}{\alpha \pi v} \left(\frac{q_u^*}{c \gamma T_{nl}} \right), \text{ где } q_u^* = \frac{q_u}{b_o}.$$

Увеличение скорости наплавки и уменьшение мощности источника снижает максимальную ширину ванны:

$$b_{кр} = \frac{4.8 q_u^*}{c \gamma v T_{nl}}.$$

Зависимость этих параметров от q_u^* приведена на рис. 2.

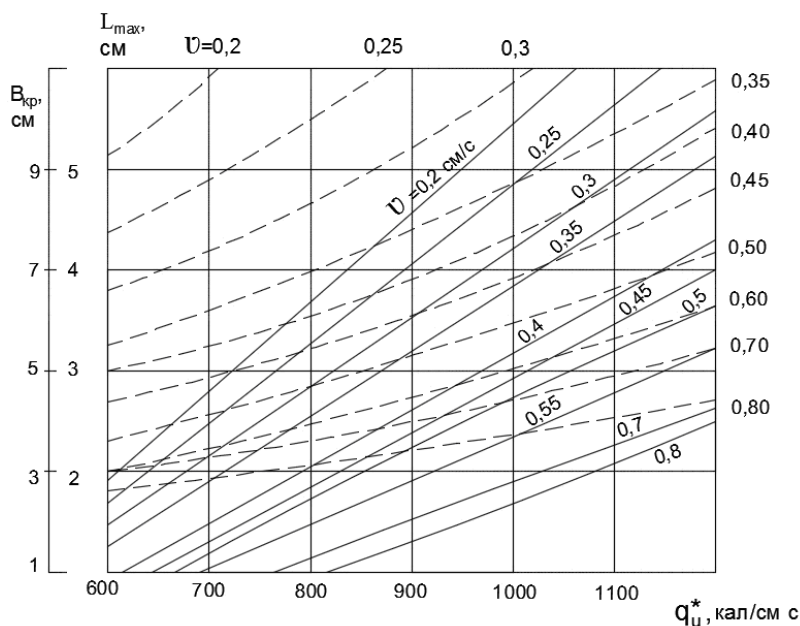


Рис. 2. Зависимость максимальных значений длины сварочной ванны и ее максимальной ширины от относительной мощности источника и скорости наплавки: сплошные линии – $L_{\max}$, штрих - пунктирные – $b_{кр}$

Влияние скорости наплавки на длину ванны в значительной степени проявляется только при больших b_o . С увеличением скорости наплавки длина ванны уменьшается.

Возрастание относительной мощности источника q_u^* увеличивает длину сварочной ванны в большей степени при малых скоростях наплавки и в меньшей степени – при больших скоростях.

Максимальная ширина сварочной ванны при постоянной скорости наплавки находится в линейной зависимости от относительной мощности источника q_u^* .

Из рассмотрения тепловых процессов при многоэлектродной наплавке вытекают следующие рекомендации относительно регулирования длины сварочной ванны:

- при $b_o < b_{кр}$ целесообразно регулировать длину сварочной ванны путем изменения ширины источника;
- при $b_o \geq b_{кр}$ – путем изменения скорости наплавки;

– при малых скоростях наплавки менее 0.2 – 0.3 см – путем изменения мощности источника;

– при увеличении ширины сварочной ванны (выше максимального), чтобы не увеличить ее длину, следует поддерживать постоянным q_u .

По сравнению с наплавкой лентой многоэлектродная наплавка является особенно удобной для регулирования формы и размеров сварочной ванны, так как ширину ванны можно менять путем изменения числа проволок и ширины их расстановки фронтом либо под углом к оси наплавки.

Увеличением расстояния между проволоками при неизменном их количестве можно уменьшить длину сварочной ванны (в этом случае $q_u = \text{const}$). Однако пределы возможности такого увеличения определяются условиями формирования наплавленного металла на цилиндрической поверхности. Так при установке электродов с чрезмерно большим расстоянием каждый электрод наплавляет отдельные узкие валики с очень плохим формированием и неравномерным наложением металла по длине. Расстояние между проволоками величиной до четырех их диаметров позволяет получить равномерный наплавленный слой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Меликов В. В. Многоэлектродная наплавка. М.: Машиностроение, 1988. – 140 с.
- [2] Кравцов Т. Г. Электродуговая наплавка электродной лентой. М.: Машиностроение, 1978. С. 92 – 97.
- [3] Матвиенко В. Н., Мазур В. А., Лешинский Л. К. Оценка формы и размеров сварочной ванны при наплавке комбинированным ленточным электродом // Автоматическая сварка, 2015. № 9. С. 30 – 33.
- [4] Фрумин И. И., Кондратьев И. А. Наплавка порошковой проволокой большого диаметра // Автоматическая сварка, 1972. № 6. С. 55 – 58.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Дата поступления
22.05.2019

Э.С. Набиев, Н.А. Самборская. Цилиндрисимон деталларни кўп электродли эритиб қоплаш хусусиятлари

Мақолада истеъмол манбаининг иссиқлик қувватиға боғлиқ ҳолда цилиндрик деталларни кенг қатламли эритиб қоплашда пайвандлаш ваннаси узунлиги ҳисобларининг натижаларига таъриф берилган. Кўп электродли эритиб қоплаш шароитларида металлни яхши шакллантиришни таъминлаш учун ванна узунлигини тўғрилашга тавсиялар берилган.

E.S. Nabiye, N.A. Samborskaya. The features of multi-electrode surfacing of cylindrical parts

The results of calculations of the length of the weld pool with wide-layer surfacing of cylindrical parts are stated depending on the thermal power of the power source. Recommendations on the regulation of the length of the bath are given to ensure good metal formation under conditions of multi-electrode surfacing.

УДК 539.3

М.К. УСАРОВ, Г.Т. АЮБОВ, А.С. ЮВМИТОВ

РАСЧЕТ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОНТИНУАЛЬНОЙ ПЛАСТИНЧАТОЙ МОДЕЛИ ЗДАНИЙ С УЧЕТОМ БИМОМЕНТОВ ПРИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ

Динамический расчет зданий и сооружений на сейсмостойкость должен выполняться на основе более точной исходной информации и при строгой математической пространственной постановке задач с учетом конструктивных особенностей материалов, их элементов и стыковых соединений этих элементов. Анализ последствий многих землетрясений позволил выявить основные причины повреждений зданий и сооружений [1,2]. Большинство указанных причин связаны с пространственной работой зданий при сейсмических колебаниях грунта в направлении, не совпадающем с основными осями здания и поэтому не могут быть учтены в рамках существующих консольных балочных расчетных моделей. Расчетные модели зданий, сооружений и элементов конструкций должны разрабатываться с учетом реальных факторов, которые существенно влияют на их динамическое поведение и напряженно-деформированное состояние [3, 4]. Поэтому выбор

уточненных моделей, отражающих пространственную работу зданий при сейсмических воздействиях, и разработка методики их динамического расчета остается актуальной задачей и является дальнейшим этапом развития методов сейсмостойкости сооружений.

Работа [5] посвящена обзору работ по математическому моделированию и методам расчета зданий и сооружений на сейсмостойкость. Перечислены факторы, которые важны при расчетах зданий и сооружений на сейсмостойкость, а также способ построения математической модели и численный метод решения задач.

В расчетах многих элементов конструкций в виде пространственных систем ячеистой структуры широко используется континуальное моделирование. Например, методы математического моделирования использованы в расчетах авиационных конструкций, в кораблестроении и судостроении. К таким исследованиям относятся работы авторов [6, 7], в которых выполнены расчеты в области ракетной техники. Авторы работ [8 – 10] занимались расчетами трехслойных конструкций со сплошными плитами и заполнителями ячеистой структуры. В качестве таких заполнителей рассмотрены четырехгранные, шестигранные и гофровые пластины, для которых получены формулы для определения приведенных модулей упругости материала. Расчеты выполнены для различных форм потери устойчивости и изгибов пластин.

Ряд задач о колебаниях пластинчатых и оболочечных конструкций, взаимодействующих с грунтом, целесообразно решать в рамках бимоментной теории [11, 12]. Здание, по своей геометрической структуре, является пространственным телом в форме параллелепипеда с ячеистой структурой. В качестве первого приближения расчета колебания здания можно сопоставить с колебаниями некоторого трехмерного континуального тела в виде параллелепипеда. В работах [13 – 15] предложена континуальная пластинчатая модель здания в виде толстой консольной ортотропной пластины, теория которой разработана в [11, 12] без упрощающих гипотез с учетом бимоментов в рамках трехмерной динамической теории упругости. Сущность континуальной модели заключается в том, что тело в форме параллелепипеда может быть заменено некоторой эквивалентной толстой пластиной.

Данная статья посвящена разработке методики расчета напряженно-деформированного состояния здания с использованием пластинчатой континуальной модели здания, описывающая его сейсмические колебания. Предлагаемая пластинчатая модель здания позволяет учитывать и исследовать все виды деформации и различные виды пространственных колебаний конструкций зданий при различных направлениях воздействий.

В статье сформулирована постановка задачи о поперечных колебаниях здания на основе пластинчатой модели в предположении, что перемещение основания здания происходит только вдоль горизонтального поперечного направления малого размера. В качестве уравнения движения здания принимаются уравнения бимоментной теории пластин, которые адекватно отражают пространственную форму колебаний с учетом поперечного сдвига и изгибно-продольных деформаций. Для описания движения здания пластины введем декартовую систему координат с переменными x_1 , x_2 и z . Начало координат расположено в нижнем левом угле срединной поверхности, оси Ox_1 и Ox_2 направим по длине и высоте, а ось Oz направим вдоль толщины (ширины здания) пластинчатой модели.

Предположим, что сейсмическое движение грунта происходит в направлении оси Oz (ширине здания). Исходя из этого соображения, в качестве внешнего воздействия на нижнем защемленном крае задаём ускорение основания $\ddot{u}_0(t)$ в виде [16, 17]

$$\ddot{u}_0(t) = a_0 \cos(p_0 t), \quad (1)$$

где $a_0 = k_c g$ и $p_0 = 2\pi\omega_0$ – максимальное ускорение и частота грунта основания.

В основании здания граничные условия для изгибно-сдвиговых колебаний имеют вид [11]

$$\tilde{\psi}_1 = 0, \quad \tilde{\psi}_2 = 0, \quad \tilde{\beta}_1 = 0, \quad \tilde{\beta}_2 = 0, \quad \tilde{u}_1 = 0, \quad \tilde{u}_2 = 0, \quad \tilde{r} = 0, \quad \tilde{\gamma} = 0, \quad \tilde{W} = 0. \quad (2)$$

На свободных боковых гранях здания имеем условия равенства нулю сил, моментов и бимоментов. На свободных боковых гранях здания имеем условия равенства нулю силовых факторов [11]

$$M_{11} = 0, \quad M_{12} = 0, \quad P_{11} = 0, \quad P_{12} = 0, \quad Q_{13} = 0, \quad \tilde{p}_{13} = 0, \quad \tilde{\sigma}_{11} = 0, \quad \tilde{\sigma}_{12} = 0, \quad \sigma_{11}^* = 0. \quad (3)$$

На свободной верхней грани здания имеем условия [11]:

$$M_{12} = 0, \quad M_{22} = 0, \quad P_{12} = 0, \quad P_{22} = 0, \quad Q_{23} = 0, \quad \tilde{p}_{23} = 0, \quad \tilde{\sigma}_{11} = 0, \quad \tilde{\sigma}_{12} = 0, \quad \sigma_{22}^* = 0. \quad (4)$$

Задача решена методом конечных разностей. Конечно-разностные уравнения движения поперечных колебаний зданий [13,14] имеют вид:

$$\frac{(M_{11})_{i+\frac{1}{2},j}^k - (M_{11})_{i-\frac{1}{2},j}^k}{\Delta x_1} + \frac{(M_{12})_{i,j+\frac{1}{2}}^k - (M_{12})_{i,j-\frac{1}{2}}^k}{\Delta x_2} - (Q_{13})_{i,j} = \rho \frac{H^2}{2} \frac{(\tilde{\psi}_1)_{i,j}^{k+1} - 2(\tilde{\psi}_1)_{i,j}^k + (\tilde{\psi}_1)_{i,j}^{k-1}}{\Delta t^2}, \quad (5)$$

$$\frac{(M_{12})_{i+\frac{1}{2},j}^k - (M_{12})_{i-\frac{1}{2},j}^k}{\Delta x_1} + \frac{(M_{22})_{i,j+\frac{1}{2}}^k - (M_{22})_{i,j-\frac{1}{2}}^k}{\Delta x_2} - (Q_{23})_{i,j} = \rho \frac{H^2}{2} \frac{(\tilde{\psi}_2)_{i,j}^{k+1} - 2(\tilde{\psi}_2)_{i,j}^k + (\tilde{\psi}_2)_{i,j}^{k-1}}{\Delta t^2},$$

$$\frac{(Q_{13})_{i+\frac{1}{2},j}^k - (Q_{13})_{i-\frac{1}{2},j}^k}{\Delta x_1} + \frac{(Q_{23})_{i,j+\frac{1}{2}}^k - (Q_{23})_{i,j-\frac{1}{2}}^k}{\Delta x_2} = \rho \frac{(\tilde{r})_{i,j}^{k+1} - 2(\tilde{r})_{i,j}^k + (\tilde{r})_{i,j}^{k-1}}{\Delta t^2} + \rho \ddot{u}_0(t), \quad (6)$$

$$\frac{(P_{11})_{i+\frac{1}{2},j}^k - (P_{11})_{i-\frac{1}{2},j}^k}{\Delta x_1} + \frac{(P_{12})_{i,j+\frac{1}{2}}^k - (P_{12})_{i,j-\frac{1}{2}}^k}{\Delta x_2} - 3(\tilde{p}_{13})_{i,j} = \rho \frac{H^2}{2} \frac{(\tilde{\beta}_1)_{i,j}^{k+1} - 2(\tilde{\beta}_1)_{i,j}^k + (\tilde{\beta}_1)_{i,j}^{k-1}}{\Delta t^2}, \quad (7)$$

$$\frac{(P_{12})_{i+\frac{1}{2},j}^k - (P_{12})_{i-\frac{1}{2},j}^k}{\Delta x_1} + \frac{(P_{22})_{i,j+\frac{1}{2}}^k - (P_{22})_{i,j-\frac{1}{2}}^k}{\Delta x_2} - 3(\tilde{p}_{23})_{i,j} = \rho \frac{H^2}{2} \frac{(\tilde{\beta}_2)_{i,j}^{k+1} - 2(\tilde{\beta}_2)_{i,j}^k + (\tilde{\beta}_2)_{i,j}^{k-1}}{\Delta t^2},$$

$$\frac{(\tilde{p}_{13})_{i+\frac{1}{2},j}^k - (\tilde{p}_{13})_{i-\frac{1}{2},j}^k}{\Delta x_1} + \frac{(\tilde{p}_{23})_{i,j+\frac{1}{2}}^k - (\tilde{p}_{23})_{i,j-\frac{1}{2}}^k}{\Delta x_2} - \frac{4(\tilde{p}_{33})_{i,j}}{H} = \rho \frac{(\tilde{\gamma})_{i,j}^{k+1} - 2(\tilde{\gamma})_{i,j}^k + (\tilde{\gamma})_{i,j}^{k-1}}{\Delta t^2} + \frac{1}{3} \rho \ddot{u}_0(t), \quad (8)$$

где M_{ij} , Q_{i3} ($i, j = 1, 2$) – изгибающие моменты и перерезывающие силы; P_{ij} , ($i, j = 1, 2$) – продольные бимоменты; p_{i3} ($i, j = 1, 2$), p_{33} – интенсивности поперечных бимоментов.

Система уравнений движения относительно трех обобщенных функций $\tilde{u}_1$, $\tilde{u}_2$, $\tilde{W}$ аппроксимируется в виде

$$(\tilde{u}_1)_{i,j} = \frac{1}{2} (21(\tilde{\beta}_1)_{i,j} - 7(\tilde{\psi}_1)_{i,j}) - \frac{1}{30} H \left(\frac{\partial \tilde{W}}{\partial x_1} \right)_{i,j}, \quad (9)$$

$$(\tilde{u}_2)_{i,j} = \frac{1}{2} (21(\tilde{\beta}_2)_{i,j} - 7(\tilde{\psi}_2)_{i,j}) - \frac{1}{30} H \left(\frac{\partial \tilde{W}}{\partial x_2} \right)_{i,j},$$

$$(\tilde{W})_{i,j} = \frac{21}{4} (\tilde{\gamma})_{i,j} - \frac{3}{4} (\tilde{r})_{i,j} - \frac{H}{20} \left(\frac{E_{31}}{E_{33}} \left(\frac{21}{2} \frac{\partial \tilde{\beta}_1}{\partial x_1} - \frac{7}{2} \frac{\partial \tilde{\psi}_1}{\partial x_1} \right)_{i,j} + \frac{E_{32}}{E_{33}} \left(\frac{21}{2} \frac{\partial \tilde{\beta}_2}{\partial x_2} - \frac{7}{2} \frac{\partial \tilde{\psi}_2}{\partial x_2} \right)_{i,j} \right). \quad (10)$$

Условно считаем, что механические и геометрические характеристики материалов панелей комнат одинаковые. Материалы панелей имеют следующие механические характеристики: модуль упругости $E=20\,000$ МПа, плотность $\rho=2700$ кг/м³ и коэффициент Пуассона $\nu=0.3$.

Приведем результаты расчетов вынужденных колебаний здания в рамках толстой пластинчатой модели при следующих размерах плит и здания: длина и ширина здания $a=30$ м, $H=11$ м, высота одного этажа здания $b_1=3$ м, толщины несущих внешних и внутренних стен $h_1=0.25$ м и $h_2=0.2$ м, толщина перекрытия $h_{пер}=0.2$ м. Высота для двухэтажного и четырехэтажного здания принимается, соответственно, $b=6$ м и $b=12$ м.

На основе вышеуказанных исходных данных по выражениям для определения плотности и модуля упругости пластинчатой модели здания, приведенных в работе [13], находим следующие

приведенные характеристики материалов здания: $E_1^{np} = 2600$ МПа, $E_2^{np} = E_3^{np} = 2000$ МПа, $G_{12}^{np} = 480$ МПа, $G_{13}^{np} = 520$ МПа, $G_{23}^{np} = 200$ МПа, $\rho_{np} = 451 \text{ кг/м}^3$, $\nu_{21} = 0.3$, $\nu_{31} = \nu_{23} = 0.4$. В расчетах коэффициент сейсмичности и частота ускорения основания заданы: $k_c = 0.1$ и $\omega_0 = 9.5$ Гц. Введены безразмерные переменные $x = x_1/a$, $y = x_2/b$, $\tau = ct/a$, где $c = \sqrt{E/\rho}$.

Шаг вычисления по безразмерным координатам принят $\Delta x = 1/60$, $\Delta y = 1/30$. Устойчивость расчета по безразмерному времени обеспечена по явной схеме при шаге $\Delta \tau = 0.01$.

Результаты расчета приведены в табл. 1 в виде максимальных значений обобщенного перемещения $\tilde{r}$ и ускорения $\ddot{\tilde{r}}$, полученных при вынужденных поперечных колебаниях одноэтажных и двухэтажных зданий. При расчете получены максимальные перемещения и ускорения в крайних точках на верхнем уровне первого и второго этажей здания.

Таблица 1

Максимальные значения перемещений и ускорений двухэтажного здания при поперечных колебаниях

Этажность здания	$\tilde{r}$, 10^{-4} м	$\ddot{\tilde{r}}$, м/с ²
1	0.754	2.436
2	1.130	3.524

Расчеты показали, что при поперечных колебаниях многоэтажных зданий максимальные значения нормальных напряжений σ_{11} и σ_{22} достигаются в центральной точке нижней части внешней несущей стены здания с координатами $x_1 = a/2$, $y_1 = 0$. Максимальные значения касательного напряжения σ_{12} обнаружены в крайних точках нижней части внешней несущей стены с координатами $x_1 = a$, $y_1 = 0$.

На рис. 1 – 3 приведены графики изменения по безразмерному времени τ нормального и касательного напряжений σ_{11} , σ_{22} и σ_{12} во внешней несущей стене двухэтажного здания. На рис. 1 приведен график изменения напряжения σ_{11} по безразмерному времени τ , из которого установлено максимальное значение напряжения, равное $\sigma_{11} = -0.142$ МПа.

На рис. 2 приведен график изменения по безразмерному времени τ напряжения σ_{22} . Максимальное значение нормального напряжения σ_{22} в центральной точке нижней части внешней несущей стены здания получилось равным $\sigma_{22} = 0.616$ МПа.

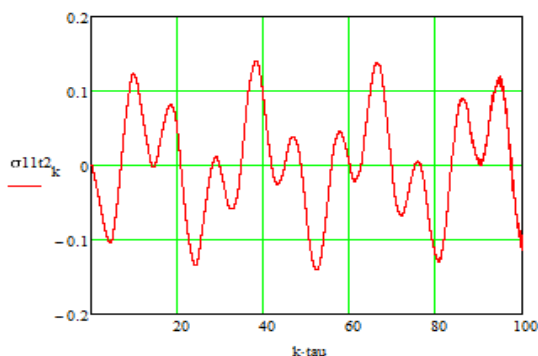


Рис. 1. График напряжения σ_{11} по времени двухэтажного здания при поперечных колебаниях

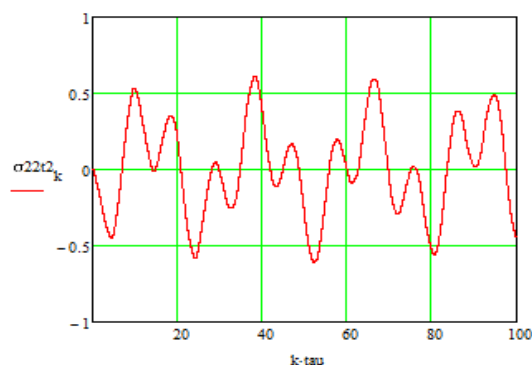


Рис. 2. График напряжения σ_{22} по времени двухэтажного здания при поперечных колебаниях

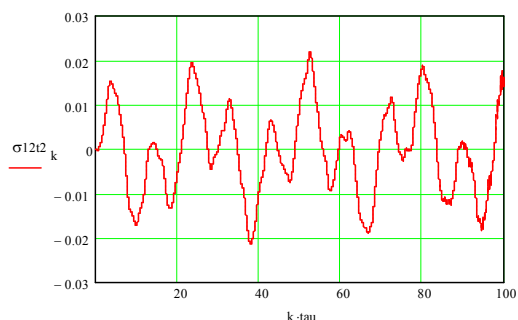


Рис. 3. График напряжения σ_{12} по времени двухэтажного здания при поперечных колебаниях

На рис. 3 приведен график изменения напряжения σ_{12} от безразмерного времени τ . Из графика видно, что максимальное значение касательного напряжения равно $\sigma_{12} = 0.0218$ МПа (см. рис. 3).

В результате анализа полученных графиков колебаний перемещений и соответственно их напряжений установлено, что максимальные перемещения определены на верхнем уровне, а напряжения – на нижнем уровне зданий.

Преимуществом предлагаемой модели динамического расчета зданий на основе пластинчатой континуальной модели является приведение трехмерной задачи к двумерной задаче, а также получение возможности вычисления всех величин пластинчатого сооружения как в пространственной модели многоэтажных зданий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рассказовский В.Т., Рашидов Т.Р., Абдурашидов К.С. Последствия Ташкентского землетрясения. Ташкент: Фан. 1967. – 143 с.
- [2] Трифонов О.В. Моделирование обрушения конструкций при сильных землетрясениях // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2001. № 4. С. 23 – 27.
- [3] Ушаков О.Ю. Метод расчета зданий и сооружений при многокомпонентном сейсмическом воздействии / Алехин В.Н., Ушаков О.Ю., Колесников А.В. // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 2014. № 5. С. 31 – 36.
- [4] **Игнатъев В.А., Пшеничкина В.А., Рынцев С.Н. Вероятностный расчет зданий как пространственных систем на сейсмическую нагрузку // Международная научно-техническая конференция ВолГАСА. Волгоград: Изд-во ВолГАСА, 2003.**
- [5] Мирзаев И.М. Математические модели и методы расчета зданий и сооружений на сейсмостойкость // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент, 2017. № 2-3. С. 72 – 74.
- [6] Мейснер К. Алгоритм многосвязного объединения для метода жесткостей структурного анализа // Ракетная техника и космонавтика. 1968. № 11. С. 123 – 135.
- [7] Найфе А.Х., Хефзи М.С. Континуальное моделирование механических и тепловых свойств больших структурных конструкций // Ракетная техника и космонавтика. 1981. № 8. С. 109 – 118.
- [8] Александров А.Я., Брюккер А.Э., Куршин Л., Прусаков А.П. Расчет трехслойных панелей. М.: Изд. «Оборонгиз», 1960. – 272 с.
- [9] Александров А.Я. Расчеты элементов авиационных конструкций. Вып. 3. М.: Изд. "Машиностроение", 1965. – 248 с.
- [10] Кобелев В.Н., Коварский Л.М., Тимофеев С.И. Расчет трехслойных конструкций М.: Изд. "Машиностроение", 1984. – 304 с.
- [11] Усаров М.К. Изгиб ортотропных пластин с учетом бимоментов // Инженерно-строительный журнал. Санкт-Петербург, 2015. № 1 (53). С. 80 – 90.
- [12] Usarov M.K. Dynamic Design of Thick Orthotropic Cantilever Plates with Consideration of Bimoments // World Journal of Mechanics. 2016. № 6. P. 341 – 356.
- [13] Усаров М.К., Аюбов Г.Т. Динамический расчет здания на основе континуальной пластинчатой модели // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент, 2018. №1. С. 108 – 111.
- [14] Javlon Yarahov, Makhamatali Usarov, Gayratjon Ayubov. Study of longitudinal oscillations of a five-storey building on the basis of plate continuum model // E3S Web of Conferences 97, Form-2019. France, 2019.
- [15] Elyor Toshmatov, Makhamatali Usarov, Gayratjon Ayubov, Davronbek Usarov. Dynamic methods of spatial calculation of structures based on a plate model // E3S Web of Conferences 97, Form-2019. France, 2019.
- [16] Корчинский И.Л., Поляков С.В., Быховский В.А., Дузинкевич С.Ю., Павлик В.С. Основы проектирования зданий в сейсмических районах. М.: Литература по строительству, 1961. – 488 с.
- [17] Шамсиев У.Ш., Бахтияров А.К., Фасахов В.Г. Сейсмостойкость зданий с учетом пространственных факторов. Ташкент: Фан, 1974. – 152 с.

Институт механики и сейсмостойкости сооружений
им. М.Т. Уразбаева АН РУз

Дата поступления
23.04.2019

М.К. Усаров, Г.Т. Аюбов, А.С. Ювмитов. Бимоментларни ҳисобга олган ҳолда биноларнинг пластинасимон континуал модели асосида сейсмик таъсирлардаги инишоотларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини ҳисоблаш

Мақолада кўп қаватли биноларнинг сейсмик тебраниши бимоментли назария асосида консол анизотроп пластинанинг ҳаракати кўринишида моделлаштирилган. Сейсмик куч сифатида бинога асосдан гармоник кўринишида таъсир қилувчи тезланиш берилган. Икки қаватли бинонинг тебраниши масаласининг сонли натижалари олинган ва уларнинг таҳлили келтирилган.

M.K. Usarov, G.T. Ayubov, A.S. Yuvmitov. Calculation of the stress-strain state of structures based on the continuous plate model of buildings taking into account bimoments under seismic effects

The article simulates the movement of a high-rise building in the form of a thick anisotropic cantilever plate based on the bimoment theory during seismic effects. Acceleration acting as a kinematic action at the base level of the building is specified as a seismic action. The numerical results of the oscillation problem of a two-story building and their analysis are presented.

ЦИКЛИЧЕСКИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОМЫВОЧНОЙ ЖИДКОСТИ НА ЗАБОЙ БУРОВОЙ СКВАЖИНЫ

Одним из основных резервов добычи различных руд, нефти и газа являются бурение и разработки месторождений на больших глубинах, улучшение технического оснащения и совершенствование технологии буровых работ. С увеличением глубин бурения возрастает сопротивляемость горных пород разрушению, вследствие чего резко уменьшаются механическая скорость бурения, проходка на долото, быстро изнашивается буровой инструмент. В связи с этим в настоящее время ведутся работы по изысканию новых, более эффективных способов разрушения горных пород, одним из которых является гидромеханический способ бурения, основанный на совместном использовании бурового инструмента и гидравлической силы высоконапорной струи жидкости, истекающей из насадок долота.

Основное действие высоконапорных струй заключается в том, что они разрушают породу, на которую воздействуют путем создания в ней напряжений, превышающих сопротивление породы растяжению и сдвигу. В зависимости от схемы промывки струи могут быть непрерывного действия, пульсирующими и импульсными [1 – 4].

Рассмотрим бесконечную упруго пористую среду, содержащую цилиндрическую полость радиуса r_c . В начальный момент давление в среде (порах) считаем равным пластовому давлению $P_{пл}$. На поверхности полости начинает действовать динамическое гидроциклическое давление $P_g(t)$.

Для гидроциклического описания воздействия давления промывочной жидкости используем следующие гидравлические импульсы:

$$P_g(t) = \begin{cases} 2P_0 \cdot t / t_0, & 2nt_0 \leq t \leq 2nt_0 + 0.5t_0, \\ 2P_0 \cdot (1 - t / t_0), & 2nt_0 + 0.5t_0 \leq t \leq t_0 + 2nt_0, \\ 0, & 2nt_0 + 1.5t_0 \leq t \leq 2t_0 + 2nt_0, \end{cases} \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Давление жидкости в порах горных пород призабойной зоны пласта считаем зависящим только от времени и радиальной координаты. Оно определяется из уравнения пьезопроводности

$$\frac{\partial P}{\partial t} = \chi \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial P}{\partial r} \right), \quad r_c < r < +\infty, \quad (1)$$

где $\chi = \frac{k}{\mu_{жс}(m\beta_{жс} + \beta_c)}$ – коэффициент пьезопроводности (для рассматриваемого типа задач $(0.1 \leq \chi \leq 5)$); k – проницаемость; m – пористость; $\beta_{жс}$, β_c – соответственно коэффициенты сжимаемости жидкости и пласта; $\mu_{жс}$ – вязкость жидкости.

Краевые условия имеют вид

$$P(r, 0) = P_{пл}, \quad (r_c \leq r < +\infty); \quad P(0, t) = P_g(t), \quad (t > 0); \quad P(+\infty, t) = P_{пл}. \quad (2)$$

В рассматриваемом случае для определения полей перемещений и напряжений имеем следующее уравнение:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) - \frac{u}{r^2} + \varepsilon_* \frac{\partial p}{\partial r} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}, \quad r_c < r < +\infty, \quad (3)$$

где $c^2 = (\lambda + 2\mu) / (\rho r_c^2)$; $p = P / (\lambda + 2\mu)$,
с граничными условиями

$$u(r, 0) = u_t'(r, 0) = 0, \quad r_c \leq r < +\infty; \quad (4)$$

$$\sigma_r(r_c, t) = -P_g(t) \text{ или } \left[\frac{\partial u}{\partial r} + \bar{\lambda} \frac{u}{r} + \varepsilon_* p \right]_{r=r_c} = -p_g(t), \quad t > 0, \quad (5)$$

$$u(+\infty, t) = 0, \quad t > 0. \quad (6)$$

Здесь $p_g(t) = P_g(t)/(\lambda + 2\mu)$; $\bar{\lambda} = \lambda/(\lambda + 2\mu)$; P_{nl} – пластовое давление.

Прежде чем приступить к решению приведенных задач, бесконечную цилиндрическую полость $r_c \leq r < +\infty$ заменим конечной цилиндрической полостью $r_c \leq r \leq R$, ($R \gg r_c$), где R – достаточно большое относительно r_c число. Тогда третье равенство в (2) и граничное условие (6) принимают следующий вид:

$$P(R, t) = P_{nl}, \quad u(R, t) = 0, \quad (t > 0). \quad (7)$$

Для решения сформулированных задач применим численный метод – метод конечных разностей [4]. Исходя из характера изменения искомых величин вблизи скважины, целесообразно использовать метод конечных разностей на неравномерных сетках. С этой целью введем следующую неравномерную разностную сетку:

$$\varpi = \{ (r_i, t_j), r_i = r_c + h_r i^2, h_r = (R - r_c)/N^2, i = \overline{0, N}; t_j = j h_t, h_t = T/M \},$$

где h_r, h_t, T – наименьший шаг по координате, шаг по времени, конечное время счета.

Для численного решения задачи фильтрации заменим производные, входящие в уравнение (1), и первое из граничных условий (7) с конечными разностями, получим

$$(\hat{P}_i - P_i)/h_t = \chi \left(r_{i+\frac{1}{2}} (\hat{P}_{i+1} - \hat{P}_i)/h_{i+1} - r_{i-\frac{1}{2}} (\hat{P}_i - \hat{P}_{i-1})/h_i \right) / (r_i h_i), \quad (i = \overline{1, N-1}).$$

$$\text{Или} \quad A_i P_{i-1} - C_i P_i + B_i P_{i+1} = -F_i, \quad (i = \overline{1, N-1}), \quad (8)$$

где $P_i = P_i^{j+1} = P(r_i, t_{j+1})$, $P_i = P_i^j = P(r_i, t_j)$, $h_i = r_i - r_{i-1}$, $h_i = r_{i+\frac{1}{2}} - r_{i-\frac{1}{2}}$,

$$A_i = \chi h_r r_{i-\frac{1}{2}} / (r_i h_i), \quad B_i = \chi h_r r_{i+\frac{1}{2}} / (r_i h_{i+1}), \quad C_i = A_i + B_i + h_i, \quad F_i = h_i \tilde{P}_i.$$

Численная аппроксимация начального условия и граничных условий:

$$P_i^0 = P_{nl}, \quad (i = \overline{0, N}), \quad P_0 = P_g^{j+1}, \quad (j = \overline{0, M-1}), \quad 3P_N - 4P_{N-1} + P_{N-2} = 0. \quad (9)$$

Система разностных уравнений решается методом прогонки. Искомая сеточная функция представляется в виде

$$P_i = \alpha_{i+1} P_{i+1} + \beta_{i+1}, \quad (i = \overline{N-1, 0}), \quad (10)$$

где прогоночные коэффициенты определяются по формулам

$$\alpha_{i+1} = B_i / (C_i - \alpha_i A_i), \quad \beta_{i+1} = (A_i \beta_i + F_i) / (C_i - \alpha_i A_i), \quad (i = \overline{1, N-1}). \quad (11)$$

Для каждого временного слоя процесс счета строится следующим образом: с помощью граничных условий (9) найдем

$$\alpha_1 = 0, \quad \beta_1 = p_g(t_{j+1}), \quad P_N = P_{nl}. \quad (12)$$

По формуле (10) вычисляются значения P_i при $i = \overline{N-1, 0}$.

Для численного решения уравнения (3) используем трехслойную разностную схему с весом 0.5 [3]:

$$\Lambda(u + \tilde{u})/2 = \frac{1}{c^2} u_{\bar{u}}, \quad \text{где } \Lambda u = \frac{1}{r} (ru_{\bar{r}})_r - \frac{u}{r^2} + \varepsilon_* p_r, \quad (13)$$

$$\tilde{u}_i = u_i^{j+1} = u(r_i, t_{j+1}), u_i = u_i^j = u(r_i, t_j), \tilde{u}_i = u_i^{j-1} = u(r_i, t_{j-1}), u_{\bar{u}} = (\tilde{u}_i - 2u_i + \tilde{u}_i) / h_t^2.$$

После замены производных с соответствующими конечными разностями имеем

$$2(\bar{u}_i - 2u_i + \bar{u}_i)/(c^2 h_i^2) = \left[r_{i+\frac{1}{2}}(\bar{u}_{i+1} - u_i)/h_{i+1} - r_{i-\frac{1}{2}}(\bar{u}_i - u_{i-1})/h_i \right] / (r_i h_i) - \bar{u}_i / r_i^2 +$$

$$+ \varepsilon_*(p_{i+1} - p_{i-1})/(r_{i+1} - r_{i-1}) + \left[r_{i+\frac{1}{2}}(\bar{u}_{i+1} - \bar{u}_i)/h_{i+1} - r_{i-\frac{1}{2}}(\bar{u}_i - \bar{u}_{i-1})/h_i \right] / (r_i h_i) - \bar{u}_i / r_i^2 + \varepsilon_*(\bar{p}_{i+1} - \bar{p}_{i-1})/(r_{i+1} - r_{i-1})$$

или

$$a_i u_{i-1} - c_i u_i + b_i u_{i+1} = -f_i, \quad (i = \overline{1, N-1}), \quad (14)$$

где $a_i = r_{i-\frac{1}{2}}/r_i$, $b_i = r_{i+\frac{1}{2}}h_i/(r_i h_{i+1})$, $c_i = a_i + b_i + 2h_i h_i/(c^2 h_i^2) + h_i h_i/r_i^2$,

$$f_i = 2h_i h_i(2u_i - \bar{u}_i)/(c^2 h_i^2) - h_i h_i \bar{u}_i / r_i^2 + b_i(\bar{u}_{i+1} - \bar{u}_i) - a_i(\bar{u}_{i+1} - \bar{u}_i) + \varepsilon_* h_i h_i(p_{i+1} - p_{i-1} + \bar{p}_{i+1} - \bar{p}_{i-1})/(r_{i+1} - r_{i-1}).$$

Система (14) также решается методом прогонки, для чего представим искомую сеточную функцию в виде

$$u_i = \bar{\alpha}_{i+1} u_{i+1} + \bar{\beta}_{i+1}, \quad (i = \overline{N-1, 0}), \quad (15)$$

где $\bar{\alpha}_{i+1} = a_i/(c_i - \bar{\alpha}_i a_i)$, $\bar{\beta}_{i+1} = (a_i \bar{\beta}_i + f_i)/(c_i - \bar{\alpha}_i a_i)$, $(i = \overline{1, N-1})$.

Найдем разностную аппроксимацию граничных условий. Умножим уравнение (3) на r , проинтегрируем на отрезке $[r_c, r_{1/2}]$ и, осредняя, получим

$$\bar{\alpha}_1 = b_0/c_0, \quad \bar{\beta}_1 = f_0/c_0, \quad (16)$$

где $b_0 = r_{1/2}$; $c_0 = b_0 + h(1/r_c + 2r_c h/(c^2 h_i^2) - \bar{\lambda})$; $h = r_{1/2} - r_c$;

$$f_0 = 2r_c h(2u_0 - \bar{u}_0)/(c^2 h_i^2) + b_0(\bar{u}_1 - \bar{u}_0) + h(\bar{\lambda} - 1/r_c)\bar{u}_0 + h(1 + \varepsilon_*)(p_g(t_{j+1}) + p_g(t_j)) + \varepsilon_* r_c(p_1 - p_0 + \bar{p}_1 - \bar{p}_0).$$

Используя граничное условие (7), найдем $u_N=0$. Значения перемещения при $i = \overline{N-1, 0}$ вычисляются по формуле (15).

Формулы (15) – (16) позволяют вычислить значения искомой функции для каждого временного слоя. На основе разработанной методики произведены численные расчеты при исходных данных: $r_c=0.1$ м; $\rho=1800$ кг/м³; $P_{nl}=5 \cdot 10^6$ Па; $P_0=2.5P_{nl}$; $\nu=0.2$; $G=3.86 \cdot 10^8$ Па; $\chi=1$ м²/с; $\varepsilon_*=0.2$; $R=10.1$ м.

Результаты представлены на рис. 1 – 6.

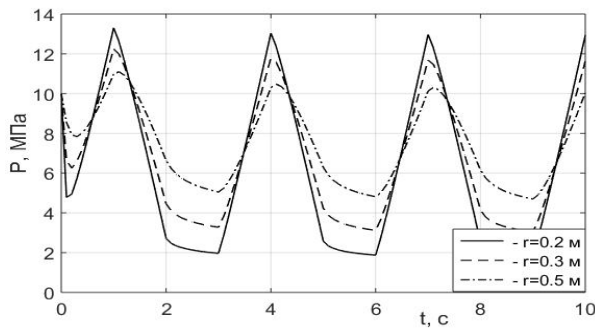


Рис. 1. График зависимости давления жидкости в порах от времени при гидроциклическом воздействии промывочной жидкости при $r=0.2; 0.3; 0.5$ м

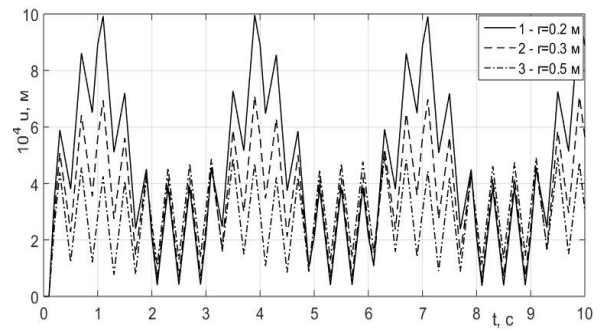


Рис. 2. График зависимости перемещения частиц породы от времени при гидроциклическом воздействии промывочной жидкости при $r=0.2; 0.3; 0.5$ м

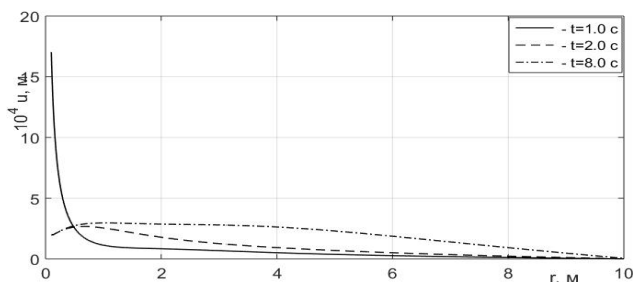


Рис. 3. График зависимости перемещения частиц породы по координате при гидроциклическом воздействии промывочной жидкости при $t=1; c; 8 c$

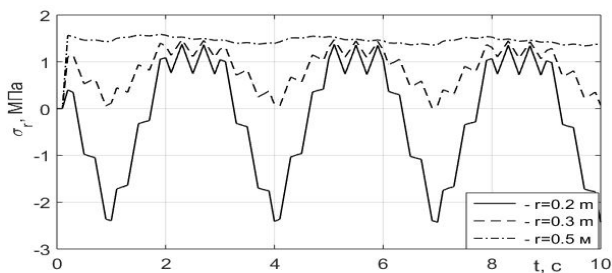


Рис. 4. График зависимости радиального напряжения от времени при гидроциклическом воздействии промывочной жидкости при $r=0.2; 0.3; 0.5 m$

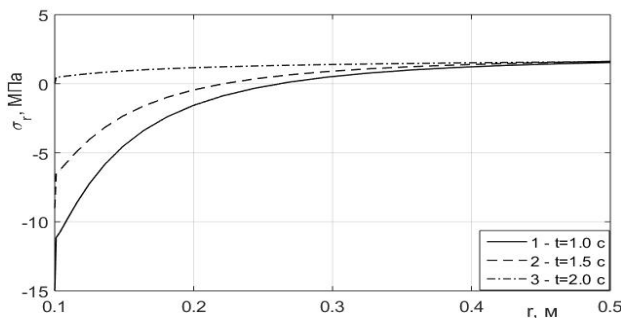


Рис. 5. График радиального напряжения по координате при гидроциклическом воздействии промывочной жидкости при $t=1; 1.5; 3 c$

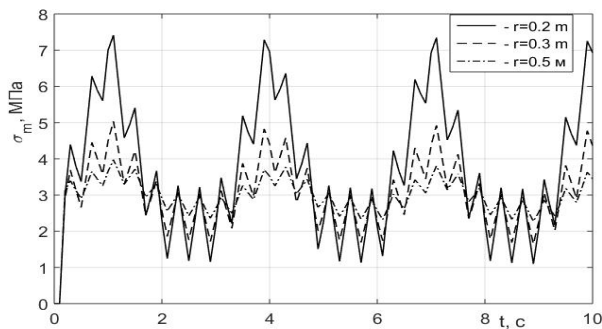


Рис. 6. График зависимости модуля напряжения $\sigma_m = \sqrt{\sigma_r^2 + \sigma_\phi^2 + \sigma_z^2}$ от времени при гидроциклическом воздействии промывочной жидкости при $r=0.2; 0.3; 0.5 m$

Приведенные графики показывают циклическое изменение напряжений в горном массиве под действием гидравлических импульсов. Таким образом, под действием динамического давления струи в порах среды возникают градиенты давлений, которые вызывают растягивающие напряжения. Так как сопротивляемость породы растяжению намного меньше чем сжатию, разрушение проницаемых пород достигается при существенно меньших давлениях струи, чем непроницаемых.

По нашему мнению, такие резкие, скачкообразные изменения напряжения, особенно его радиальной компоненты, могут привести к образованию многочисленных трещин и соответственно к разрушению пород. Отсюда следует, что, подбирая рациональные параметры гидроциклического воздействия промывочной жидкости, можно ускорить процесс разрушения горных пород, тем самым увеличить скорость бурения нефтяных и газовых скважин.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Акилов Ж. А. Нестационарные гидроаэромеханические процессы в бурении нефтяных и газовых скважин // Труды КНИИРП «Актуальные вопросы математики, нефтегазопромысловая механика». Вып. 4. Самарканд, 2008. С. 8 – 18.
- [2] Акилов Ж. А. Жаббаров М. С. Гидродинамическое воздействие промывочной жидкости на забой буровой скважины // Материалы международной конференции «Проблемы механики и сейсмомодинамики сооружений». Ташкент, 2004. С. 366 – 368.
- [3] Соболевский В. В., Шевченко Ю. М., Мительман Б. И. Опытное бурение с использованием разрушающего действия высоконапорных струй бурового раствора // Нефтяное хозяйство. 1976. № 12. С. 11 – 13.
- [4] Бахвалов Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Г. М. Численные методы. М.: Наука, 1987. – 600 с.

Самаркандский государственный архитектурно-строительный институт

Дата поступления
14.05.2019

Ж. Акилов, М. Джаббаров, Б. Мардонов. Бургилаш суюқлиги циклик гидравлик таъсирининг бургилаш кудуги тубига таъсири

Нефит ва газ конларини бургулаш механик тезлигини оширишининг асосий омилларидан бири бургулаш долоти насадкаларидан чиқадиган юқори босимли ингичка оқим таъсир кучи ёрдамида кудуқ туби тоғ жинсини емиришдан иборатдир. Кўриладиган ишда бургилаш суюқлиги циклик ингичка оқимининг кудуқ туби тоғ жинсининг кучланганлик

ҳолатига таъсири қаралган. Қудуқ туби цилиндр шаклидаги бўшлиқ бўлган чексиз тоғ массиви деб олинган. Тоғ жинсини ўтказувчанлигини ҳисобга олган ҳолда кучланганлик ҳолати ва қатламда суюқликнинг сизиш тенгламаларини биргаликда циклик гидродинамик босим таъсири натижасида тоғ жинсида ҳосил бўлган кучланишнинг ўзгариши ва силжиши сонли усул ёрдамида таҳлил этилган.

J. Akilov, M. Djabbarov, B. Mardonov. Cyclic hydraulic affectings of flush fluid on a bore-hole bottom

*Rational use hydraulic forces high-head flushes expiring of a nozzle drilling a bit for rock breaking down provides magnification of mechanical drilling rate of holes at oil and gas. In operation it is esteemed influencings of cyclic affectings of flushes on a stressed state of a bottom-hole zone of bore well. The bottom hole is represented as the endless massive containing a cylindrical cavity. By numerical solution of systems of the differential equations of a stressed state of rocks and filtering influen-
cing of cyclic hydrodynamic loads on a stressed state of rocks taking into account penetrability of a porous medium is learnt.*

УДК 626.823:532

К.И. БАЙМАНОВ, К.К. НАЗАРБЕКОВ, Р.К. БАЙМАНОВ

МЕТОД РАСЧЕТА ОСАЖДЕНИЯ НАНОСОВ В ИРРИГАЦИОННЫХ ОТСТОЙНИКАХ

На реках, несущих большое количество наносов, расчет заиления является одним из основных при проектировании и эксплуатации ирригационных каналов и сооружений. Для защиты каналов оросительной системы от вредных воздействий наносов применяются отстойники.

Эффективность функционирования ирригационных отстойников и успешность их применения в борьбе с заилением оросительных каналов во многом зависят от правильного расчета режима осаждения наносов, транспортирующей способности потока, определения размеров отстойников и их умелой эксплуатации.

Вопросами изучения, технического обоснования и проектирования ирригационных отстойников не один десяток лет занимались многие ученые, в том числе из САНИИРИ, ВНИИГиМ, ГГИ, ЛПИ, МГМИ, МИСИ и других научно-исследовательских организаций. Методы их расчета предложили А.Н. Гостунский, Ю.А. Ибад-заде, Ч.Г. Нуриев, И.И. Леви, П.В. Михеев, А.С. Образовский, Ф.С. Салахов, А.Г. Хачатрян, Х.Ш. Шапиро и мн. др. Среди них наиболее распространенными являются методы А.Н. Гостунского и А.Г. Хачатряна. Принципы, положенные в основу каждого метода, изложены в [1, 2].

Рассматриваемые теории исходят из положения о соответствии каждому турбулентному потоку определенной величины критической мутности и состава взвешенных наносов, проходящих «транзитом» без осаждения. Остальное избыточное количество наносов, поступающих в отстойник с водой, оседает в нем с течением времени: тем быстрее, чем крупнее частицы. При этом, по предложению А.Н. Гостунского, осаждение избытка взвеси происходит в процессе непрерывного перемешивания потока по всей глубине, а по предложению А.Г. Хачатряна – по законам падения частиц в стоячей воде, т.е. быстрее.

Указанные два решения, видимо, отвечают предельным условиям, причем, первое отвечает условиям работы отстойников со значительными скоростями течения, когда происходит интенсивная циркуляция потока по глубине. Второе больше подходит для относительно малых скоростей течения в отстойнике.

Сравнение результатов расчетов по этим методам, выполненное С.Х. Абальянцем [3], Ю.А. Ибад-Заде [4], Х.Ш. Шапиро [5], Н.Т. Кавешниковым [6], с данными натурных исследований ряда отстойников, построенных на оросительных системах в равнинных реках, показало значительное расхождение между расчетными и натурными величинами – в среднем 15 – 20 %.

Однако сложность и громоздкость указанных методов расчета затрудняют применение их при расчетах режима работы отстойников в эксплуатационных условиях. Регулирование выходящей мутности в зависимости от поступления наносов в процессе эксплуатации отстойников требует частого определения нужности степени осветления потока и объемов заиления. В связи с этим необходимо упростить существующие методы расчета либо применить более простую зависимость гидравлических элементов отстойника с наносными характеристиками потока.

Анализ данных наблюдений за режимом работы отстойников в нижнем течении реки Аму-дарья показывает, что в процессе эксплуатации не требуется особо точного определения их размеров, поскольку гидравлические элементы непрерывно меняются в зависимости от условия осаж-

дения наносов и интенсивности очистки. В этом случае заранее в отстойнике устанавливаются ожидаемый объем отложений, соответственно этому объему начинается режим работы земснарядов и гидравлические элементы отстойника поддерживаются так, чтобы выходящая из него мутность соответствовала транспортирующей способности защищаемых от заилиenia каналов [7, 8].

В методах расчета осаждения наносов в отстойниках, предложенных А.Н. Гостунским и А.Г. Хачатряном, принимается та часть наносов, вызываемая избыточной мутностью, которая равна разнице между полной и критической мутностью. Поток затрачивает свою взвешивающую способность на взвешивание вполне определенной критической мутности, а остальная часть наносов не подвергается действию взвешивания и, следовательно, осаждается со скоростью, равной гидравлической крупности.

При проектировании ирригационных отстойников одной из основных характеристик является критическая мутность потока. Многие достаточно часто применяемые зависимости, служащие для определения критической мутности потока, дают весьма разные величины, так как практически во всех имеющихся отечественных и зарубежных эмпирических формулах постоянные коэффициенты транспортирующей способности потока отличаются от рекомендуемых величин в 2 – 4 раза и более.

Теоретически вопрос транспортирующей способности потока ещё не решен и поэтому в практике для определения критической мутности используются многочисленные эмпирические зависимости.

Согласно современной теоретической предпосылке, основным фактором взвешивания твердых частиц являются крупномасштабные возмущения и, прежде всего, связанные с ними вертикальные составляющие пульсационной скорости. Твердые частицы могут находиться во взвешенном состоянии лишь тогда, когда вертикальная составляющая пульсационной скорости больше или равна её гидравлической крупности.

Среднеквадратичное значение вертикальной составляющей пульсационной скорости потока, по опытным данным И.К. Никитина [9], по величине близко к динамической скорости:

$$\sqrt{/\mathcal{G}'^2} = K\mathcal{G} = \alpha\mathcal{G}_*, \quad (1)$$

где K – коэффициент интенсивности турбулентности в долях от средней скорости потока; α – коэффициент интенсивности турбулентности в долях от динамической скорости; $/\mathcal{G}'$ – вертикальная составляющая пульсационной скорости.

Анализ данных измерений вертикальных пульсационных скоростей в каналах Кызкеткенской оросительной системы показал, что значения K и α не являются постоянными, а изменяются в зависимости от формы, размера русла и шероховатости его поверхности [10].

Полагая, что взвешивание наносов, в основном, происходит за счет притока пульсационной энергии из осредненного движения, и принимая линейную пропорциональность между работой, потребной на взвешивание наносов, и работой пульсационного движения, имеем [10]:

$$\delta\rho\bar{w} = \varphi K \gamma \mathcal{G} i. \quad (2)$$

Подставляя из (1) значение $K \mathcal{G}$, получим

$$\delta\rho\bar{w} = \varphi \alpha \gamma \mathcal{G}_* i. \quad (3)$$

Отсюда

$$\varphi = \frac{\delta\rho\bar{w}}{\alpha \gamma \mathcal{G}_* i}, \quad (4)$$

где $\delta\rho\bar{w}$ – работа, развиваемая силой тяжести взвеси в единице объема жидкости в единицу времени, кгм/м³с; $\gamma \mathcal{G} i$ – работа, затрачиваемая потоком при движении (мощность потока) за единицу времени, кгм/м³с; $\alpha \gamma \mathcal{G}_* i$ – работа, затрачиваемая пульсационным движением для поддержания взвеси за единицу времени, кгм/м³с.

Зависимость (4) можно представить в следующем виде:

$$\rho_T = \varphi \frac{\alpha \gamma \mathcal{G}_* i}{\delta\bar{W}} = \varphi_0 \frac{\gamma \mathcal{G}_* i}{\delta\bar{W}}. \quad (5)$$

Здесь $\varphi_0 = \alpha\varphi$ – коэффициент транспортирующей способности потока.

Для определения коэффициента α нами использованы график зависимости вертикальной составляющей скорости от коэффициента сопротивлений, составленный И.К. Никитиным [9], и построены графики $K=K(Re)$, $\varphi_0=\varphi_0(Re)$ (рис. 1), по которым можно определить $\alpha=K\vartheta/\vartheta_*$.

Для определения φ_0 в (5) использованы данные натурных измерений в каналах амударьинских оросительных систем, соответствующих критическому режиму, и составлен график зависимости $\varphi_0=\varphi_0(Re)$ (см. рис. 1).

Формула (5) дает лучшие результаты по сравнению с вышеуказанными и средний показатель расхождения с данными наблюдений для каналов от 0.10 до 120 м³/с составляет 6 – 8 %, а наибольший не превышает 10 – 12 % [10].

Для вывода уравнения динамики осаждения наносов рассмотрим характер движения частиц взвеси в зоне осаждения горизонтального отстойника. Возьмем некоторую взвешенную в потоке частицу, положение которой определяется координатами x и y (рис. 2).

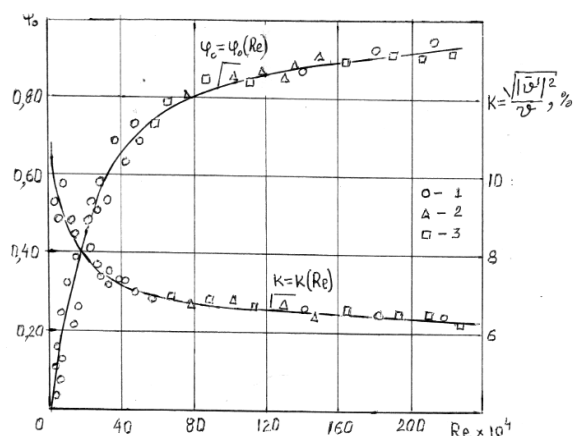


Рис. 1. График зависимости $\varphi_0=\varphi_0(Re)$ и $K=K(Re)$: 1 – каналы Кызкеткенской оросительной системы (1952 – 1953); 2 – Пахтаарна (1964); 3 – канал Суенли (1976 – 1978)

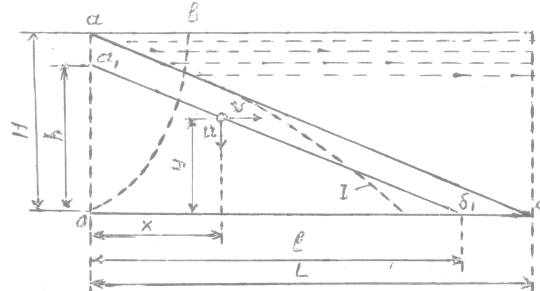


Рис. 2. Траектория и длина пути осаждения частиц в отстойнике

Частица, имея горизонтальное направление и двигаясь со скоростью ϑ , за время dt пройдет расстояние $dx=\vartheta dt$. Одновременно эта частица под действием силы тяжести опускается со скоростью $dy=Udt$. Отсюда получим следующее уравнение траектории частицы в дифференциальной форме:

$$-\frac{dy}{dx} = \frac{U}{\vartheta}, \quad (6)$$

где U – скорость выпадения частицы.

Разделив переменные и проинтегрировав их, получим

$$-y\vartheta = Ux + C. \quad (7)$$

Постоянную C находим из граничного условия $x=0$ при $y=h$. Тогда уравнение траектории частицы примет вид

$$Ux - (h - y)\vartheta = 0. \quad (8)$$

Если предположить, что величины U и ϑ не являются функциями координат, то это уравнение будет представлено прямой a_1b_1 , отсекающей на осях координат отрезки h при $x=0$ и $h\vartheta/U$ при $y=0$. Отрезок l представляет собой расстояние от начальной точки отстойника до точки, где частица упадет на его дно. При этом самый длинный путь совершит частица, вошедшая в отстойник в поверхностном слое воды на высоте $h=H$. Тогда расстояние L , на котором частица, находящаяся у поверхности, при равномерном движении потока осядет на дно, определится равенством

$$L = \frac{\vartheta}{U} H. \quad (9)$$

Эта формула является весьма приближенной. Если представить эпюру распределения скоростей ϑ в отстойнике по глубине кривой $O\vartheta$ (см. рис. 1), то, очевидно, что траектория частицы не

будет прямой линией, а примет форму кривой L . Вследствие этого частицы, одновременно вошедшие в отстойник на одной высоте, будут выпадать на дно на разных расстояниях от входа. Кроме того, рядом исследователей показано, что выпадение частиц будет тормозиться наличием вертикальных составляющих $\bar{g}'$. Поэтому действительная скорость выпадения взвеси в отстойнике будет $U_0 = U - \bar{g}'$, т.е. меньше, чем U ; следовательно, длина отстойника для задержания взвеси той же крупности будет больше, чем при определении ее по скорости U . На основании этого в формулу (9) для определения длины отстойника вводят коэффициент $\alpha = U / (U - \bar{g}')$, после чего формула получает вид

$$L = \alpha \frac{gH}{U}. \quad (10)$$

Следовательно, на расстоянии L поток полностью освобождается от избыточного количества наносов. В любом другом створе, расположенном на расстоянии $L_x < L$, в потоке остается некоторое количество наносов избыточной мутности ρ_{ux} . Поэтому полную мутность на расстоянии L_x можно выразить в виде

$$\rho_x = \rho_T + \rho_{ux}. \quad (11)$$

Пользуясь равенством (11), можно рассчитать динамику осаждения наносов, а также величину мутности при выходе из отстойника.

Рассматривая условия выпадения из потока наносов в элементарном отсеке длиной dx , глубиной H на единицу ширины, движущейся со скоростью g , и мутностью на входе ρ_x , получим

$$\frac{d\rho_x}{\rho_x} = \frac{Udx}{gH}. \quad (12)$$

Интегрируя уравнения (12) и определяя постоянную из начального условия $x=0, \rho_x=\rho_0$, получим

$$\rho_{ux} = (\rho_0 - \rho_T) \exp\left(-\frac{LU}{gH}\right), \quad (13)$$

где ρ_0 и ρ_T – мутность потока до и после осветления, кг/м^3 ; U – скорость выпадения наносов, м/с .

Входящая в формулу (13) скорость выпадения наносов в турбулентном потоке до сих пор не имеет строго теоретического решения. Рассмотрев соотношение работы и нагрузки наносов в потоке, П.В. Михеев [11] предложил следующее уравнение:

$$(\rho_0 - \rho_T)\omega_0 = \rho_0 U, \quad (14)$$

из которого выразил значение скорости выпадения наносов в турбулентном потоке в виде

$$U = \frac{\rho_0 - \rho_T}{\rho_0} \omega_0, \quad (15)$$

где ω_0 – средняя гидравлическая крупность наносов в расчетном интервале, определяемая по формуле А.Н.Гостунского

$$\omega_0 = \frac{\omega_{n+1} + 3\omega_n}{U}. \quad (16)$$

В формуле (16) ω_n – наименьшая и ω_{n+1} – наибольшая крупность наносов.

Подставив зависимость (15) в (13), получим уравнение динамики осаждения наносов для определения мутности потока в конце отстойника:

$$\rho_x = \rho_T + \rho_{ux} = \rho_T + (\rho_0 - \rho_T) \exp\left[-\frac{L\omega_0(\rho_0 - \rho_T)}{H g \rho_0}\right]. \quad (17)$$

Определив полную мутность ρ_x на выходе из отстойника, можно вычислить степень осветления потока $\varepsilon = \rho_x / \rho_0$, где ρ_0 – мутность потока, входящая в отстойник, кг/м^3 .

Объем отложений в отстойнике может определяться по формуле

$$V_3 = \frac{86.4tQ}{\gamma_H}(\rho_0 - \rho_X), \quad (18)$$

где Q – расход воды в отстойнике, м³/с; t – время работы отстойника, сутки; γ_H – объемный вес наносов, т/м³ ($\gamma_H=1.25$ т/м³).

Таким образом, получен простой способ расчета динамики осаждения наносов в ирригационных отстойниках. Предложенный метод расчета проверен по данным полевых исследований ряда отстойников (рис. 3). Сравнения результатов расчета с данными измерений показывают, что разница между расчетными и наблюдаемыми осветлениями потока составляют в среднем -5%+9%.

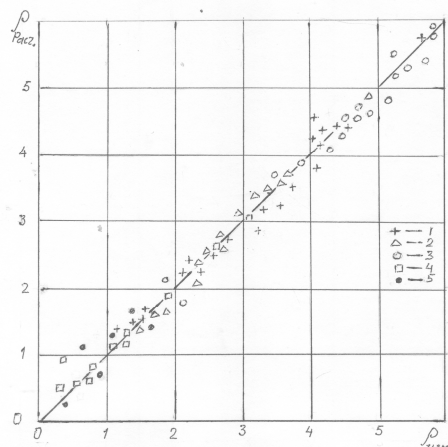


Рис. 3. Диаграмма сравнения расчетных значений мутности потока с измеренными в отстойниках: 1 – спрямление канала Суенли; 2 – канал Пахтаарна; 3 – каналы Кызкеткен и Кегейли; 4 – Каракумский канал (по данным ВНИИГиМ); 5 – левобережный отстойник Тахиаташского гидроузла

Анализ фракционного состава взвешенных наносов до и после осветления показывает, что даже при малых скоростях происходит обмен с донными отложениями, т.е. обратный подъем мелкопесчаных частиц действием крупномасштабных пульсационных скоростей. Это объясняется тем, что основная часть состава наносов определяет крупными фракциями, поэтому незначительная часть удельного содержания песчаных фракций, поднимающихся со дна, под действием вертикальных сил резко изменяет среднюю гидравлическую крупность наносов, что приводит к увеличению нагрузки потока от наносов и несоответствию существующих расчетных зависимостей в процессе отстаивания в натурных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гостунский А. Н. Взвешивающая способность // Изв. АН РУз. Ташкент, 1954. № 3. С. 59 – 68.
- [2] Хачатрян А. Г. Отстойники на оросительных системах. М.: Сельхозгиз, 1957. – 342 с.
- [3] Абальянц С. Х. Движение наносов в открытых потоках // Труды САНИИРИ. Вып. 96. Ташкент, 1958. С. 156.
- [4] Ибад-Заде Ю. А., Нуриев Ч. Н. Отстойники речных водозаборов. М.: Стройиздат, 1979. – 168 с.
- [5] Шапиро Х. Ш. Регулирование твердого стока при водозаборе в оросительные системы. М.: Колос, 1983. – 272с.
- [6] Кашевников Н. Т. Метод расчета осаждения наносов и параметров мутности потока в отстойниках // Гидротехническое строительство. М., 1997. № 10. С. 32 – 34.
- [7] Байманов К. И., Назарбеков К. К. О расчете наносного режима работы ирригационных отстойников // Проблемы механики. 2010. № 3. С. 18 – 20.
- [8] Байманов К. И., Назарбеков К. К. Проблемы борьбы с наносами на ирригационных каналах Каракалпакстана // Вестник ККО АН РУз. 2006. № 4. С. 34 – 36.
- [9] Никитин И. К. Исследование структуры турбулентного потока в каналах ирригационной сети // Труды САНИИРИ. Вып. 91. Ташкент, 1958. С. 55 – 76.
- [10] Байманов К. И. О транспортирующей (взвешивающей) способности потока в ирригационных каналах // Мелиорация и водное хозяйство. М., 1989. № 11. С. 37– 39.
- [11] Михеев П. В. Потоки и наносы: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 1952. – 32с.

К.И. Байманов, К.К. Назарбеков, Р.К. Байманов. Ирригация тиндиргичларида чўкиндиларни чўкишнини ҳисоблаш услуги

Мақолада тиндиргичлардаги суюқлик оқизиклари ҳаракати динамикасининг назарий ва дала шариотларидаги тадқиқотлари таҳлил қилинган. Бу тадқиқотларнинг натижаларига асосланиб оқизикларнинг чўкишнини динамик тенг-ламаси олинган ва ирригация тиндиргичларини ҳисоблаш услугига татбиқ қилинган.

K.I. Baymanov, K.K. Nazarbekov, R.K. Baymanov. Method for calculating sediment deposition in irrigation sedimentation tanks

The article is devoted to theoretical and practical research of dynamics during the movements of depositions in sinkers. At the end of the research was found the drowning of the dynamic of sinnevs and was made the method of auountiny of irrigation depositions.

УДК 532.135, 532.137

З.М. МАЛИКОВ, А.Т. ЙУЛДАШЕВ, М.Э. МАДАЛИЕВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВОЗДУШНО-ПРОХОДНОГО СЕПАРАТОРА

В последнее время резко возросла потребность в мелкодисперсном порошковом материале, который применяется в горно-металлургической, химической промышленности, лакокрасочном производстве и др. В связи с этим разработка новых сепарационных установок или усовершенствование существующих является актуальной задачей. Для этого необходимо исследовать физические явления, происходящие при пневматической сепарации порошковых материалов. По физической сущности разделение материалов по пневматической сепарации основано на том, что при вращении материалов вместе с несущей средой или без неё более крупные частицы, обладая большей центробежной силой, перемещаются в радиальном направлении к периферии, вытесняя к центру более мелкие частицы. На этом принципе основано центробежно-гравитационное разделение сыпучих материалов.

В статье рассмотрен новый вид конструкции центробежного воздушно-проходного сепаратора. В отличие от традиционных центробежных сепараторов, в которых для закрутки потока используется спиральная улитка с тангенциальным патрубком для выхода воздуха, в центробежном воздушно-проходном сепараторе для закрутки потока используются управляемые лопатки. Центробежный воздушно-проходной сепаратор относится к области пневматической классификации (сепарации) сыпучих материалов и может использоваться для разделения по крупности частиц в диапазоне 5 – 500 мкм в производстве строительных материалов, химической, металлургической, горнодобывающей и других отраслях промышленности. Главным их элементом являются управляемые лопаты для закрутки первичного воздуха и ниже во внутреннем конусе установлены дополнительно воздухозакручивающиеся неповоротные створки (жалюзи).

В работе проведено лабораторное исследование эффективности центробежного воздушно-проходного сепаратора для тонкодисперсных порошков [1].

Принцип действия разделительного сепаратора. На рис. 1 изображен поперечно-вертикальный разрез сепаратора. Центробежный воздушно-проходной сепаратор работает следующим образом. Исходный материал вместе с первичным воздухом подается через патрубок 5 (рис. 2) в верхнюю часть сепаратора 2. Воздушный поток поступает в сепаратор в результате разрежения. Разрежение создается вентилятором, который установлен в конце отвода 7.

В данном пространстве с помощью управляемых лопат 3 (радиус кривизны $Rn=0.16D$, D – диаметр корпуса сепаратора) потоку придается вращательное движение. На рис. 1 M – ось крепления лопатки, C – точка пересечения лопатки с цилиндром R_2 . С помощью регулирующих болтов лопатки фиксируются так, чтобы угол МОС образовал угол α . Таким образом, данный угол яв-

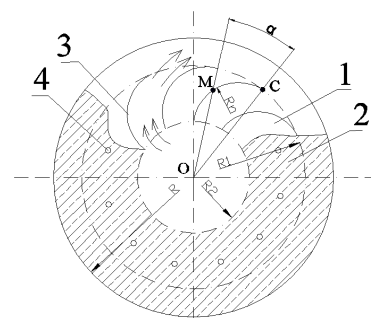


Рис. 1. Расположение закручивающих лопаток:
1 – основной диск; 2 – покрывной диск;
3 – лопатка; 4 – болты для фиксации лопаток;
 Rn – радиус кривизны

ляется регулирующим параметром для закрутки потока воздуха. Далее воздух, приобретая вращательную скорость, входит в коаксиальный канал между цилиндрами R_1 и R .

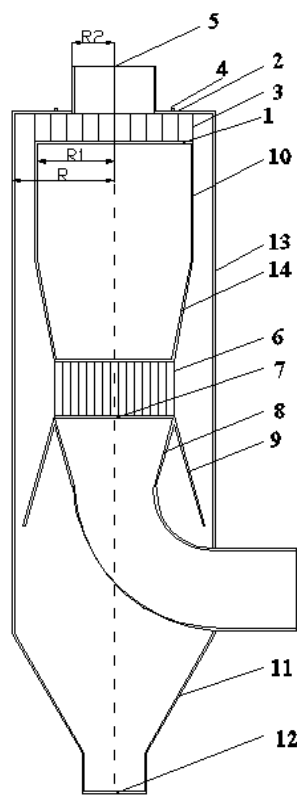


Рис. 2. Схема центробежного воздушно-проходного сепаратора: 1 – основной диск; 2 – конический обтекатель; 3 – управляемые лопаты; 4 – болты для фиксации закручивающих лопаток; 5 – патрубок для подвода первичного воздуха и материала; 6 – створки (жалюзи); 7 – патрубок для отвода мелкого продукта; 8, 9, 11, 14 – конусы; 10, 13 – цилиндрический корпус; 12 – отвод для крупного продукта

ному бункеру.

Мелкие частицы, не успевшие достигнуть стенки аппарата, вместе с носителем будут продвигаться к патрубку 7. Собственно, разделение сыпучего материала на фракции в центробежно-гравитационных сепараторах происходит под действием центробежных сил.

Гравитационные силы выводят крупную фракцию из сепарационной зоны, что обеспечивает непрерывность процесса [2].

Величину центробежной силы, действующей на частицу, можно определить по известному выражению

$$q_c = q_T V^2 / (gR), \quad (1)$$

где q_T – вес частицы; V – окружная скорость; g – ускорение силы тяжести; R – радиус вращения частицы [3].

Отношение центробежной силы, действующей на частицу, к ее весу (силе тяжести) носит название центробежного фактора или фактора разделения. Он показывает, во сколько раз центробежная сила больше силы тяжести частицы. Центробежный фактор

$$k = q_c / q_T = V^2 / (gR) = R^2 \omega^2 / (gR) = R^2 \left(\frac{\pi n}{30} \right)^2 / (gR) \approx R n^2 / 900. \quad (2)$$

Принцип действия закручивающих лопаток заключается в том, что пылевой поток двигается вертикально вниз в цилиндре R_1 , который закрыт снизу диском 1. Поэтому воздушный поток поступает в пространство между цилиндрами R_1 и R_2 . Здесь, двигаясь между лопатами, воздушный поток приобретает вращательное движение и входит в пространство R_1 и R . В этой зоне под действием центробежной силы частицы движутся к цилиндрической стенке 13 корпуса сепаратора и попадают в зону классификации, расположенную между конусами 14 и стенкой 13 (см. рис. 2). При этом мелкие частицы под действием дополнительного закрученного потока воздуха из створок (жалюзи) 6 выносятся через патрубок 7 в отсек для отвода мелких продуктов. Крупные частицы вследствие своей большей массы под действием центробежной силы инерции попадают в нижнюю часть сепаратора и разгружаются через патрубок 12. Мелкие частицы (см. рис. 2) через патрубок 7 выносятся в циклон, где отделяются от воздуха. Таким образом, исходный продукт тонкоизмельченного полидисперсного материала разделяется на две фракции – крупную и мелкую. Для достижения наибольшего эффекта классификации производят регулирование лопатами 3.

При вращательном потоке на частицу действуют три главные силы: сила тяжести q_T , которая увлекает частицу вниз, центробежная сила q_c , выталкивающая частицу в радиальном направлении, и сила давления потока q_6 , заставляющая частицу двигаться по окружности. Траекторией такого сложного движения частицы является спираль, расходящаяся к низу циклона. Достигнув стенки аппарата, частицы под действием силы тяжести будут двигаться по коническому дну к вывод-

В данном выражении n – частота оборотов потока. Из (2) видно, что центробежный фактор при неизменном радиусе во многом зависит от частоты потока (n). Чем больше частота потока (n), тем больше центробежный фактор (k). При фиксированной окружной скорости потока V , как видно из (2), центробежный фактор увеличивается с уменьшением радиуса вращающего потока.

В связи с этим в разработанной конструкции на центробежный фактор оказывают влияние скорость входного воздуха и расположение угла α управляемых лопаток 3 (см. рис. 1).

Проведение эксперимента. В производстве при сепарировании порошковых материалов сепараторы служат для отбора крупных фракций исходного порошка. А для улавливания мелких фракций, которые не оседают в сепараторе, используется рукавный фильтр. В статье исследуется характеристика разработанного сепаратора. Поэтому после сепаратора рукавный фильтр не был подключен. Эксперимент проводили, согласно схеме, представленной на рис. 3.

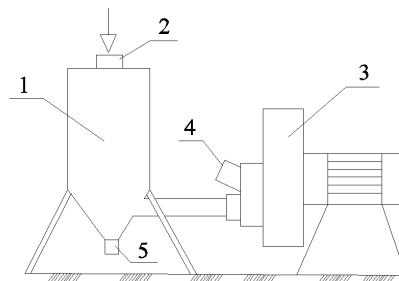


Рис. 3. Схема установки для проведения эксперимента:
1 – сепаратор; 2 – патрубок входа воздуха; 3 – вытяжка вентилятора;
4 – патрубок для регулировки скорости входного воздуха;
5 – патрубок для выгрузки уловленного порошка

Дисперсный анализ порошка цинка, осевшего в сепараторе, проводили на лазерном анализаторе “MALVERN”. В статье рассматривалось влияние скорости входного воздуха на эффективность сепарации цинкового порошка. Результаты опыта представлены в таблице.

Влияние скорости входного воздуха на эффективность сепарации цинкового порошка

Размеры частиц цинка, мкм на %	До 7.5 %	До 10.0 %	До 15.36 %	До 19.96 %	До 30.2 %	До 45.7 %	До 60.25 %	Свыше 60.25 %
Исходный материал	7.72	12.61	20.77	27.87	41.97	52.55	54.91	45.09
Опыт 1 – скорость воздуха на входе $V=9.8$ м/с	0	0	0.23	2.06	13.13	38.85	61.15	38.85
Опыт 2 – скорость воздуха на входе $V=15$ м/с	0	0.01	0.95	4.03	16.64	40.13	58.51	41.49
Опыт 3 – скорость воздуха на входе $V=19$ м/с	0	0.76	1.87	4.85	16.34	37.67	54.77	45.23

Как установлено, повышением скорости входного воздуха увеличивается и присутствие мелких фракций в осевшем порошке. Это можно объяснить тем, что с повышением входной скорости увеличивается и окружная скорость, что ведет к увеличению разделительного фактора. Из таблицы видно, что если при скоростях воздуха на входе в сепаратор $V=9.8$ м/с и $V=15$ м/с в сепараторе отсутствуют фракции порошка менее чем 10 мкм, то при скорости $V=19$ м/с такие фракции начинают оседать в сепараторе. Таким образом, эффективность сепарации разработанного сепаратора увеличивается с ростом окружной скорости воздуха. Данное обстоятельство, несмотря на его очевидность, является очень важным, так как не во всех сепараторах в реальности наблюдается такая тенденция. Это объясняется тем, что с повышением скоростей может увеличиться и турбулентность потока, которая сильно ухудшает эффективность оборудования. Поэтому для многих сепараторов выбирается довольно узкий диапазон скоростей для эффективного функционирования, который в производственных условиях нередко не соблюдается, что ведет к ухудшению производимого товара.

Таким образом, результаты проведенных опытов показали, что разработанный сепаратор для сепарирования мелких порошков обладает высокой эффективностью. Показано, что эффективность и границу сепарации в разработанной установке можно тонко регулировать с помощью скорости поступающего в сепаратор воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности. М.: Химия, 1977. – 369 с.
- [2] Пономарев В. Б. Расчет и проектирование оборудования для воздушной сепарации сыпучих материалов. М.: Екатеринбург: Химия, 2015. – 126 с.
- [3] Пацков В. П., Топал А. И., Крицкий А. В., Корниенко А. В. Существующие методы оценки эффективности циклонных аппаратов (обзор). Институт угольных энерготехнологий НАН Украины и Минтопэнерго Украины «Промышленная теплотехника». 2007. Т. 29. № 7. С. 194 – 200.

Институт механики и сейсмостойкости сооружений
им. М.Т. Уразбаева АН РУз

Дата поступления
11.04.2019

З.М. Маликов, А.Т. Йулдашев, М.Э. Мадалиев. Марказдан қочма ҳаво ўтказгич сепараторнинг самарадорлигини экспериментал тадқиқ этиши

Мақолада ҳаво ўтказгичли сепараторнинг янги турини чанг материалларини ажратилиш учун ишлатилиш қонуниятини тасвирлаб берилган. Ҳаводан ажратилиш мосламаси таҳлил қилинган. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, ишлаб чиқилган ускунанинг самарадорлиги юқори. Дастлаб кукуни иккита фракцияга ажратади: 10 микрондан кичик ва каттароқ фракцияларга.

Z.M. Malikov, A.T. Yuldashev, M.E. Madaliev. Experimental study of the effectiveness of a centrifugal air-through separator

The article describes a new type of design of an air-through separator and the principle of operation for the separation of powder materials. The analysis of the air-through separator. Studies have shown that the efficiency of the developed installation is high, i.e. it highly divides the initial powder into two fractions: into fractions of less than and more than 10 microns.

УДК 532.532.542+533.6.011.32+004.021

Ф.Х. НАЗАРОВ

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНОЙ ТУРБУЛЕНТНОЙ СТРУИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ $k - \varepsilon$ И СПАЛАРТА – АЛЛМАРАСА

Струйные течения часто встречаются в инженерной практике. Примерами струйных течений являются истечение воды из пожарного гидранта, поток расплавленного металла, вытекающего из ковша, и т.п. В приведенных примерах границей струи является граница фаз вещества струи и окружающего пространства – вода или расплавленный металл в окружающем воздухе.

Часто встречаются так называемые затопленные струи, когда вещество струи и вещество, заполняющее окружающее пространство, находятся в одинаковом фазовом состоянии, например, струя воздуха распространяется в неподвижном окружающем ее воздухе или в газе иного состава.

Примерами затопленных струй являются: газовая струя, вытекающая из сопла реактивного двигателя, струя газов бытовой газовой горелки и т.п. С помощью газовых струй можно управлять процессами в химической технологии, вентилировать помещение и т.д. Как видно из примеров, течения, которые принято относить к струйным, очень разнообразны, поэтому трудно дать общее строгое определение понятия «струя» [1 – 4].

Несмотря на многочисленность математических моделей для расчета свободной струи, точность их все еще невысока. Если некоторые из них дают приемлемые результаты на близких расстояниях, то на больших расстояниях дают неудовлетворительные результаты, а другие модели – наоборот. Поэтому поиск эффективных моделей турбулентных свободных струй до сих пор продолжается [5 – 8].

В статье проводится численное исследование осесимметричной турбулентной затопленной струи на основе модифицированной модели $k - \varepsilon$ и Спаларта – Аллмараса [9 – 10]. В работе численные результаты этих моделей сопоставляются с опытными данными [11 – 12]. Эти данные включены в базу данных NASA для верификации математических моделей турбулентности.

Для описания осесимметричного турбулентного потока запишем следующую систему уравнений в цилиндрических координатах:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_z}{\partial z} + \frac{\partial r V_r}{r \partial r} = 0, \\ V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} + V_r \frac{\partial V_z}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r(v + v_t) \frac{\partial V_z}{\partial r} \right]. \end{cases} \quad (1)$$

В данной системе уравнений неизвестной функцией является турбулентная вязкость v_t . Для поиска данной неизвестной в $k - \varepsilon$ модели [10] используются следующие уравнения:

$$\begin{cases} V_r \frac{\partial k}{\partial r} + V_z \frac{\partial k}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial z} \right) + G - \varepsilon, \\ V_r \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} + V_z \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial z} \right) + c_1 f_1 \frac{\varepsilon}{k} G - c_2 f_2 \frac{\varepsilon^2}{k}, \end{cases} \quad (2)$$

$$v_s = v + v_t, \quad G = G_{zr} + G_\varphi,$$

$$G_{zr} = 2v_s \left[\left(\frac{\partial V_z}{\partial z} \right)^2 + \left(\frac{\partial V_r}{\partial r} \right)^2 + \left(\frac{V_r}{r} \right)^2 + \left(\frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{\partial V_r}{\partial z} \right)^2 \right],$$

$$f_\mu = [1 - \exp(-A_\mu R_R)]^2 (1 + A_t / R_t),$$

$$f_1 = 1 + (A_t / f_\mu)^3, \quad f_2 = 1 - \exp(-R_t^2),$$

$$R_t = k^2 / v\varepsilon, \quad R_R = k^{1/2} (R - r) / v, \quad v_t = c_\mu f_\mu k^2 / \varepsilon.$$

Здесь V_z , V_r – радиальная и аксиальная скорости; G – генерация за счет составляющих V_z , V_r ; k – кинетическая энергия; ε – скорость диссипации, возникающая за счет пульсации скоростей; v_t – коэффициент турбулентной вязкости.

Что касается модели Спаларта – Аллмараса (SA), то она является однопараметрической, т.е. для поиска неизвестной турбулентной вязкости используется одно уравнение

$$V_r \frac{\partial \tilde{v}}{\partial r} + V_z \frac{\partial \tilde{v}}{\partial z} = P_w - D_w + \frac{1}{\sigma} \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r(v + \tilde{v}) \frac{\partial \tilde{v}}{\partial r} \right) + C_{\sigma 2} \left(\frac{\partial \tilde{v}}{\partial r} \right)^2 \right]. \quad (3)$$

Здесь P_w и D_w – генерационный и диссипационный члены. Остальные неизвестные функции константы определяются следующим образом:

$$P_w = C_{b1} f_{r1} (1 - f_{i2}) \tilde{S} \tilde{v}, \quad D_w = \left[C_{w1} f_w - \frac{C_{b1}}{k^2} f_{i2} \right] \left(\frac{\tilde{v}}{d} \right)^2, \quad f_{v1} = \frac{\chi^3}{\chi^3 - C_{v1}^3}, \quad \chi = \frac{\tilde{v}}{v}, \quad \tilde{S} = \Omega + \frac{\tilde{v} f_{v2}}{k^2 d^2},$$

$$\Omega = \sqrt{2W_{ij}W_{ij}}, \quad f_{v2} = 1 - \frac{\chi}{1 + \chi \cdot f_{v1}}, \quad f_w = g \left[\frac{1 + c_{w3}^6}{g^6 + c_{w3}^6} \right]^{1/6}, \quad g = r + c_{w2} (r^6 - r), \quad r = \frac{\tilde{v}}{\tilde{S} k^2 d^2},$$

$$f_{i2} = c_{i3} \exp(-c_{i4} \chi^2), \quad W_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right), \quad c_{b1} = 0.01355, \quad c_{b2} = 0.622, \quad c_{w1} = \frac{c_{b1}}{k^2} + \frac{1 + c_{b2}}{\sigma}, \quad c_{w2} = 0.3,$$

$$c_{w3} = 2, \quad c_{v1} = 7.1, \quad c_{i3} = 1.2, \quad c_{i4} = 0.5, \quad c_{r2} = 12, \quad c_{r1} = c_{r3} = 1, \quad \sigma = 2/3, \quad K = 0.41.$$

Данная система подчинена следующим краевым условиям:

$$\text{при } z = 0 \text{ и } r < R: \quad V_z = 1, \quad V_r = 0, \quad k = 0.19, \quad \varepsilon = 0.19, \quad \tilde{v} = 0.001;$$

$$\text{при } r \rightarrow \infty: \quad V_z = V_r = k = \varepsilon = \tilde{v} = 0;$$

$$\text{при } r = 0: \quad \frac{\partial V_z}{\partial r} = \frac{\partial k}{\partial r} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} = \frac{\partial \tilde{v}}{\partial r} = 0.$$

Система уравнений (1) приведена к безразмерному виду. При этом все размеры соотносятся к радиусу сопла, а скорости – к скорости истечения струи на выходе из сопла.

Для численной реализации полученной системы уравнений произведена замена переменных $(z, r) \rightarrow (\xi, \psi)$ за зависимостями:

$$\xi = z, \quad V_z = \frac{\psi \partial \psi}{r \partial r}, \quad V_r = -\frac{\psi \partial \psi}{r \partial z}.$$

При переходе к новым переменным воспользуемся соотношениями

$$\frac{\partial}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial \xi} - \frac{r V_r}{\psi} \frac{\partial}{\partial \psi}, \quad \frac{\partial}{\partial r} = \frac{r V_z}{\psi} \frac{\partial}{\partial \psi}.$$

В новых переменных система уравнений для модели $k - \varepsilon$ будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_z}{\partial \xi} = \frac{1}{\psi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left[\frac{r^2 V_z}{\psi} (v + v_t) \frac{\partial V_z}{\partial \psi} \right], \\ \frac{\partial k}{\partial \xi} = \frac{1}{\psi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left(\frac{r^2 V_z}{\psi} \frac{v_t}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial \psi} \right) + \frac{G - \varepsilon}{V_z}, \\ \frac{\partial \varepsilon}{\partial \xi} = \frac{1}{\psi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left(\frac{r^2 V_z}{\psi} \frac{v_t}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial \psi} \right) + \frac{c_1 f_1 \varepsilon G - c_2 f_2 \varepsilon^2}{V_z k}. \end{cases} \quad (4)$$

Аналогично для модели Спаларта – Аллмараса имеем систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{\partial V_z}{\partial \xi} = \frac{1}{\psi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left[\frac{r^2 V_z}{\psi} (v + v_t) \frac{\partial V_z}{\partial \psi} \right], \\ \frac{\partial \tilde{v}}{\partial \xi} = \frac{P_w - D_w}{V_z} + \frac{1}{\sigma} \left[\frac{1}{\psi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left(\frac{r^2 V_z}{\psi} (v + \tilde{v}) \frac{\partial \tilde{v}}{\partial \psi} \right) + C_{\varepsilon 2} V_z \left(\frac{r}{\psi} \frac{\partial \tilde{v}}{\partial r} \right)^2 \right]. \end{cases} \quad (5)$$

Здесь $A = \frac{r^2 (v + v_t) V_z}{\psi}.$

Для численного решения систем (4) и (5) использована неявная конечно-разностная схема. Для иллюстрации данной схемы рассмотрим уравнение для примера

$$\frac{\partial F}{\partial \xi} = \frac{1}{\psi} \frac{\partial}{\partial \psi} \left[A \frac{\partial F}{\partial \psi} \right].$$

Для данного уравнения конечно-разностная схема имеет вид

$$\frac{F_{i,j} - F_{i-1,j}}{\Delta \xi} = \frac{0.5(A_{j+1} + A_j)(F_{i,j+1} - F_{i,j}) - 0.5(A_{j+1} + A_j)(F_{i,j} - F_{i,j-1})}{\psi_j \Delta \psi^2}.$$

Для разрешения неявной схемы использовался метод прогонки. Безразмерные шаги интегрирования были $\Delta \xi = 10^{-4}$, $\Delta \psi = 10^{-2}$.

Численные результаты проиллюстрированы на рис. 1 – 3.

На рис. 1 показаны профили продольной скорости потока в различных сечениях струи. Как установлено, хорошее согласие с опытными данными по двум моделям происходит на больших расстояниях от сопла. Это объясняется тем, что на больших расстояниях струю можно считать полностью сформированным изотропным турбулентным потоком. Сравнение показывает, что модель SA имеет большую точность, чем модель $k - \varepsilon$. Другую картину можно наблюдать вблизи сопла, где поток претерпевает переходный режим от ламинарного потока к турбулентному. Здесь можно полагать, что эти модели имеют только качественное согласие с опытными данными. Более точные результаты имеет здесь и модель SA.

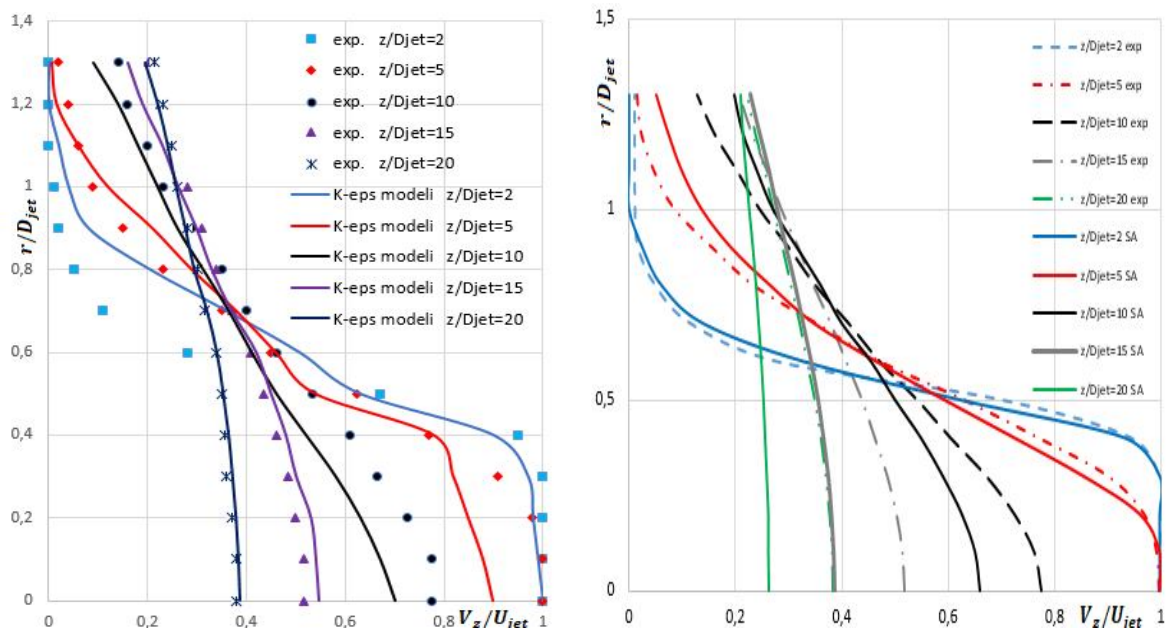


Рис. 1. Профили продольной скорости в различных сечениях струи

На рис. 2 показана осевая продольная скорость в зависимости от расстояния от сопла. Для сравнения здесь значками (или штриховыми линиями) обозначены также и опытные данные. Сравнения с экспериментальными данными показывают, что и в этом случае можем полагать лишь о качественном согласии численных результатов моделей с опытом.

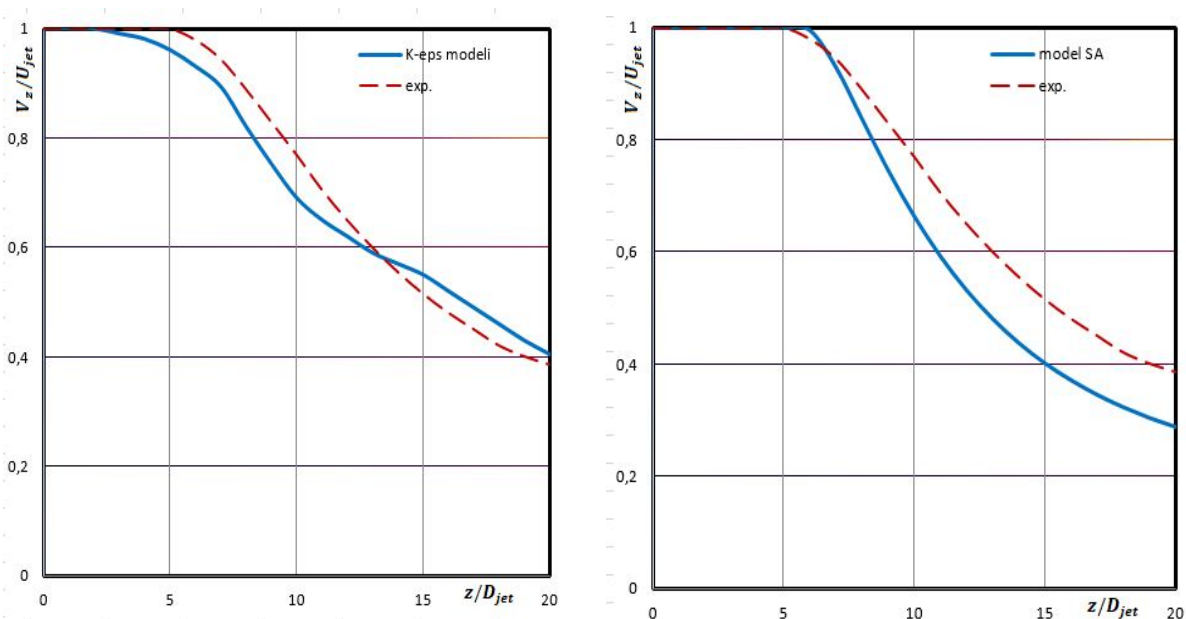


Рис. 2. Осевая продольная скорость потока в зависимости от расстояния от сопла

Для практики и теории большой интерес представляют и расчетные реинольдсовы напряжения. Поэтому на рис. 3 иллюстрированы профили турбулентных напряжений в различных сечениях струи. Как видно, расчетные данные обеих моделей для данного параметра также имеют качественное согласие с опытными данными.

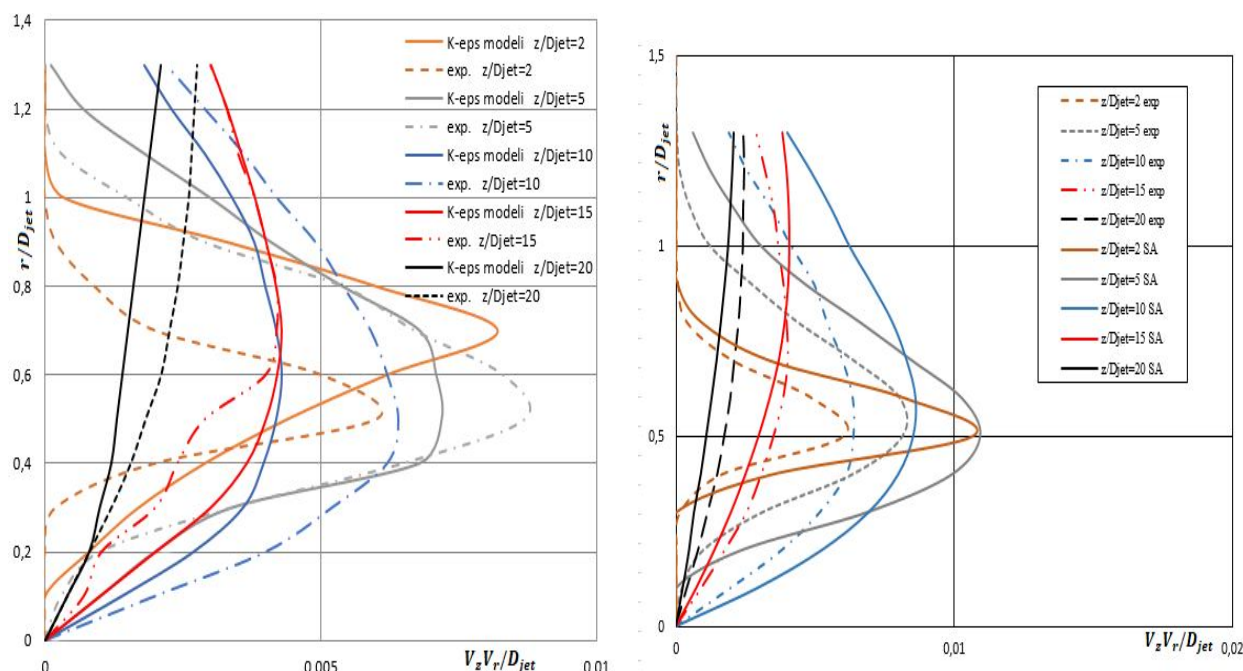


Рис. 3. Профили турбулентных напряжений в различных сечениях струи

Таким образом, в статье продемонстрированы численные результаты для затопленной турбулентной струи по двум моделям турбулентности. Модель $k - \varepsilon$ считается более устаревшей моделью (80-е годы прошлого века), чем модель SA. Сопоставления с экспериментальными данными показали, что модель SA демонстрирует более точные результаты, чем модель $k - \varepsilon$. Тем не менее, эти результаты можно считать лишь удовлетворительными. Следовательно, поиск более точных математических моделей турбулентности является незавершенным.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Wygnanski I., Fiedler H. Some measurements in the self-preserving jet // J. Fluid Mech. Vol. 38. 1969. P. 577 – 612.
- [2] Лаундер Б.Е., Морс А. Численный расчет осесимметричных сдвиговых течений с использованием замыканий для напряжений // Турбулентные сдвиговые течения / Пер. с англ. Под ред. Гиневского А.С. М.: Машиностроение, 1982. С. 291 – 310.
- [3] Абрамович Г.Н. Теория турбулентных струй / Абрамович Г.Н., Гиршович Т.А., Крашенинников С.Ю., Секундов А.Н., Смирнова И.П. М.: Наука, 1984. – 716 с.
- [4] Panchapakesan N.R., Lumley J.L. Turbulence measurements in axisymmetric jets of air and helium. Pt 1. Air jet // J. Fluid Mech. Vol. 246. 1993. P. 197 – 223.
- [5] Amielh M., Djeridane T., Anselmet F., Fulachier L. Velocity near-field of variable density turbulent jets // Intern. J. Heat Mass Transfer. Vol. 39. 1996. N. 10. P. 2149 – 2164.
- [6] Gharbi A., Ruffin E., Anselmet F., Schiestel R. Numerical modelling of variable density turbulent jets // Intern. J. Heat Mass Transfer. Vol. 39. 1996. N. 9. P. 1865 – 1882.
- [7] Piquet J. Turbulent flows: models and physics. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. – 761 p.
- [8] Алексеенко С.В., Бильский А.В., Маркович Д.М. Применение метода цифровой трассерной визуализации для анализа турбулентных потоков с периодической составляющей // Приборы и техника эксперимента. 2004. № 5. С. 145 – 153.
- [9] Spalart P.R., Shur M.L. On the sensitization of turbulence models to rotational and curvature // AerospaceScience and Technology. Vol. 1. 1997. N. 5. P. 297 – 302.
- [10] Новомлинский В.В., Стронгин М.П. Численное исследование закрученных одно- и двухфазных турбулентных потоков в цилиндрическом канале // Прикладная механика и техническая физика. 1988. № 2. С. 51–58.
- [11] Bridges J., Wernet M.P. Establishing Consensus Turbulence Statistics for Hot Subsonic Jets // AIAA Paper 2010-3751, 16th AIAA/CEAS Aeroacoustics Conference. Stockholm. Sweden. June. 2010.
- [12] Bridges J., Wernet M.P. The NASA Subsonic Jet Particle Image Velocimetry (PIV) Dataset // NASA/TM-2011-216807. November. 2011.

Ф.Х. Назаров. $k - \varepsilon$ ва Спаларт – Алмарас моделлари асосида ўққа нисбатан симметрик турбулент оқимнинг сонли тадқиқоти

Ушбу мақолада ўқ симметриясига эга бўлган турбулент оқим модификацияланган $k - \varepsilon$ ҳамда Спаларт – Алмарас моделлари асосида сонли ўрганилган. Олинган тенгламаларни сонли ечиш учун Мезис алмаштируви ва ошкормас чекли айирма схемаси қўлланилган. Иккала моделда ҳам олинган натижалар маълум бўлган тажриба натижалари билан таққосланган. Мақолада қўлланилган моделлар турбулент оқимини умуман олганда қониқарли ифода этиши кўрсатилган.

F.H. Nazarov. Numerical study of an axisymmetric turbulent jet based on $k - \varepsilon$ models and Spalart-Allmaras

The article conducts a numerical study of an axisymmetric submerged jet using modified $k - \varepsilon$ and SA models. For the numerical implementation of the equations obtained, Mises variables were used, as well as an implicit finite-difference scheme. The results obtained were compared with known experimental data. It is shown that the models used for turbulence in general are in a state that satisfactorily describes a turbulent jet.

УДК 622.692.4

И.К. ХУЖАЕВ, С.С. АХМАДЖОНОВ, Х.Х. АМИНОВ

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ЗАКАЧКЕ ГАЗА В ЭЛЕМЕНТАРНЫЙ УЧАСТОК ТРУБОПРОВОДА В ПРИБЛИЖЕНИИ «КОРОТКОГО» ТРУБОПРОВОДА

Трубопроводы широко применяются при транспортировке различных сред, а также при передаче механической энергии на малые и большие расстояния. При обеспечении необходимой надежности трубопроводный транспорт газообразных и жидких сред является самым экономичным и экологически чистым способом. Трубопроводы эксплуатируются при различных внутренних и внешних условиях. Под воздействием низкой температуры окружающей среды могут образоваться конденсаты и гидраты углеводородов, обледенение трубопровода и его арматур. Технологический режим работы может быть связан с остановкой и перезапуском сети, утечкой целевого продукта, переходом к другому составу транспортируемой среды и др. Но обеспечение надежности трубопроводов или их сети всегда остается в центре внимания.

Проверка целостности – одного из важных показателей надежности элементарного участка трубопровода – проводится в три этапа [1]. Сначала в участок, второй конец которого закрыт, закачивается воздух до достижения среднего давления, которое на 20 % превышает ожидаемое рабочее давление. После достижения данного значения давления закрывается конец, через который производили закачку газа, и участок оставляют так на 30 мин. Если за этот отрезок времени давление в участке остается постоянным, то участок считается пригодным к эксплуатации, в противном случае проводится работа по обеспечению целостности участка. На третьем этапе проверки целостности воздух выпускается из участка.

Представим математическую модель первого этапа процесса проверки целостности элементарного участка трубопровода в рамках подхода «короткого» трубопровода, который близок физике изучаемого объекта [2].

Постановка задачи. Сформулируем более общую задачу. Полагаем, что до начала процесса в участке с длиной l установился постоянный массовый расход M_0 :

$$M(x,0) = M_0 = \text{const}, \quad \frac{\partial M(x,0)}{\partial t} = 0 \quad \text{при } 0 \leq x \leq l, \quad t < 0. \quad (1)$$

Здесь и далее $M(x, t) = \rho(x, t)w(x, t)f$ – массовый расход газа; $\rho(x, t)$, $w(x, t)$ – плотность и скорость жидкости в сечении x в момент времени t ; $f = \pi D^2/4$, D , – площадь поперечного сечения и диаметр трубопровода.

Начиная с момента $t=0$, на входе в участок установился массовый расход M_H , а на его выходе массовый расход – M_K :

$$M(0,t) = M_H = \text{const}, \quad M(l,t) = M_K = \text{const} \quad \text{при } t \geq 0. \quad (2)$$

При такой постановке, если $M_H = M_K$, задача рассматривается при $0 < t < +\infty$, иначе – при ограниченном отрезке времени. В нашем случае $M_0 = M_K = 0$ кг/с, а M_H – производительность нагнетателя.

В изотермическом режиме состояние идеальной газовой среды по горизонтальному короткому трубопроводу описывается системой нелинейных уравнений [1 – 4]

$$-\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial(\rho w)}{\partial t}, \quad -\frac{1}{c^2} \frac{\partial p}{\partial t} = \frac{\partial(\rho w)}{\partial x}. \quad (3)$$

Здесь c – скорость малых возмущений давления в системе среда – труба, которую принимали в виде $c = \left(\frac{\rho_0}{k_{жс}} + \frac{2R_0\rho_0}{E\delta} \right)^{-1/2}$ [5], где ρ_0 – плотность невозмущенной среды; E – модуль упругости материала трубы; R_0 – внутренний радиус трубы в невозмущенном состоянии; δ – толщина стенки круглой трубы. В случае рассмотрения реального газа можно принимать $k_{жс} = \rho_0 R T$, где R , T – приведенная газовая постоянная и температура газа.

Данная система линеаризована введением массового расхода и представлена в виде гиперболического уравнения относительно массового расхода:

$$\frac{\partial M^2}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 M}{\partial x^2}. \quad (4)$$

Из системы (3) можно составить аналогичное уравнение относительно гидростатического давления:

$$\frac{\partial p^2}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 p}{\partial x^2}.$$

Начальные распределения давления и его производной по времени в участке $0 \leq x \leq l$, согласно постановке задачи, можно принимать в виде

$$p(x, 0) = p_0, \quad \frac{\partial p(x, 0)}{\partial t} = 0.$$

Граничными условиями для давления при $t=0$, согласно первому уравнению системы (3), служат

$$\frac{\partial p(0, t)}{\partial x} = \frac{\partial p(l, t)}{\partial x} = 0.$$

Для массового расхода получили задачу Дирихле, а для давления – задачу Неймана [5,6]. Применение метода разделения переменных при решении задачи относительно давления привело к потере некоторых членов решения. Причиной тому, по нашему мнению, является нулевое значение интеграла собственной функции по x в области расчета. В связи с этим задачу решили сначала относительно массового расхода, а полученное решение использовали при нахождении решения задачи по давлению.

Аналитическое решение задачи. Решение задачи относительно массового расхода искали в виде суммы стационарной и нестационарной частей [5]

$$M(x, t) = U(x) + u(x, t).$$

Стационарная часть решения принимается в виде

$$M(x) = M_H + \frac{x}{l} (M_K - M_H).$$

Относительно $u(x, t)$ составлены уравнение и краевые условия, которые решены методом Фурье. Собственные функции $X_n(x) = \sin \frac{\pi n x}{l}$ по x составляют счетное множество ортогональных функций с квадратом нормы $\|X_n^2(x)\| = l/2$, а по времени – $T(t) = \cos \frac{\pi n c t}{l}$. Реализация краевых условий привела к значениям коэффициентов

$$b_n = \frac{2}{\pi n} \left\{ [(-1)^n - 1] (M_H - M_0) + (-1)^n (M_K - M_H) \right\},$$

а полное решение нестационарной части решения задачи составляет

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos \frac{\pi n c t}{l} \sin \frac{\pi n x}{l}.$$

Обратный переход к массовому расходу дает формулу

$$M(x, t) = M_H + \frac{x}{l} (M_K - M_H) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos \frac{\pi n c t}{l} \sin \frac{\pi n x}{l}. \quad (5)$$

Интегрируя второе уравнение системы (3) по времени, приходим к решению

$$p(x, t) = p_0 + \frac{M_H - M_K}{lf} c^2 t - \frac{c}{f} \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin \frac{\pi n c t}{l} \cos \frac{\pi n x}{l}, \quad (6)$$

где $p(x, t)$, – давление в сечении x в момент времени t .

Аспекты применения решения. В ходе постановки и решения задачи пользовались массовым расходом среды. Для малосжимаемой среды, когда сжимаемость проявляется только под воздействием волны импульса, можно принять $\rho = \text{const}$. Тогда средняя по поперечному сечению трубопровода скорость потока определяется в виде [1]

$$w(x, t) = \frac{1}{\rho f} M(x, t).$$

Если же среда состоит из газа, то состояние его описывается уравнением [2, 3]

$$p = Z \rho R T,$$

где Z – коэффициент сверхсжимаемости газа. При этом выражение массового расхода становится нелинейное, так как в нем плотность газа будет переменной. В связи с этим для определения скорости газа пользуются формулой

$$w(x, t) = \frac{Z R T}{f} \frac{M(x, t)}{p(x, t)},$$

где использованы осредненные или точные значения Z , R , T и f .

Уравнения гиперболического типа, полученные выше, встречаются в электродинамике, в теории деформируемого твердого тела и других отраслях науки. В частности, выражения (5) и (6) можно интерпретировать как решения задач о распространении продольных волн в упругих стержнях, когда скорость распространения малых возмущений представляется в виде $c = \sqrt{E / \rho}$, где E – модуль Юнга материала стержня [5]. Результат $M(x, t)$ соответствует перемещению точек стержня в случае, когда $M_0 = M_H = 0$, а мгновенное перемещение второго конца стержня при $t=0$ составляет $M_H - M_K$. В то же время результат $p(x, t)$ выражает перемещения точек стержня при $p_K = 0$, когда скорость точки $x=0$ равна нулю, а точка $x=l$ при $t=0$ мгновенно приобрела скорость $\frac{2a}{f} (M_H - M_K)$.

Результаты вычислительного эксперимента. По представленному выше решению составлена программа и проведен вычислительный эксперимент для различных значений постоянных. Представим результаты расчетов по сверхсжимаемому газу, которые получены при закачке газа в элементарный участок.

Расчеты проводили для данных $R=528$ Дж/(К·кг), $c=400$ м/с, $D=0.992$ м, $T=297.15$ К, $Z=0.920$ [7]. Число членов в сумме составило 200. Время, расходуемое для обратного возвращения волны к исходной точке (условный период), составляет $2l/c$. Шаг по времени расчета составил $\tau=l/(10c)$. Производительность нагнетателя – $M_H=250$ кг/с. Начальный и выходные расходы нулевые: $M_0=M_K=0$ кг/с. Исходное давление – $p_0=0.1$ МПа.

Относительно массового расхода газа получены периодические решения. Волна массового расхода в начале процесса перемещается направо, достигнув правого конца, она возвращается на левый конец и т. д. По образному выражению специалистов по аэродинамике, труба «дышит».

Расчеты показали, что скачкообразные изменения давления происходят в концах участка. Значение разности давления в узлах разрыва решения, согласно решению задачи, составляет $2M_H=c/f$. Между разрывами давление остается практически постоянным. Представим результаты расчетов, относящиеся к временному изменению давления во входном сечении (рис. 1).

Периодический характер изменения массового расхода и скачкообразное возрастание давления приводят к своеобразному изменению скорости по расстоянию и времени.

Значительный массовый расход газа в начале процесса приводит к большему значению скорости потока на входе – 466.9 м/с. Через каждый условный период скорость потока на входе снижается скачками: 130.139, 75.606, 53.280 м/с. На 600-й секунде входная скорость потока равнялась 14.576 м/с.

Если пренебрегают скачкообразными изменениями массового расхода и гидростатического давления, то результат демонстрирует обратную пропорциональность между показателями скорости потока и давления.

Типичные изменения скорости потока на входе в участок по времени представлены на рис. 2.

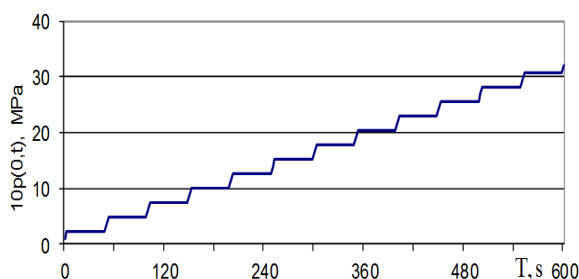


Рис. 1. Изменение давления газа на входе в участок по времени:
 $p_0=0.1$ МПа, $M_0=M_K=0$ кг/с, $M_H=250$ кг/с, $l=10.0$ км

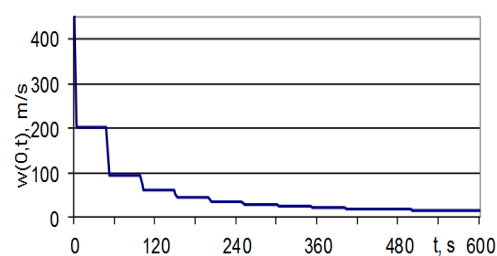


Рис. 2. Изменение скорости газа на входе в участок по времени (данные те же, что и на рис. 1)

Кривые скорости, как и кривые массового расхода, составлены из двух звеньев, если время является кратным полупериоду процесса, и из трех звеньев – для остальных случаев. Слева находится кривая скорости, которая снижается от 466.9 м/с до нулевой скорости. Через шаг времени $\tau=l/(10c)$ образовалась трехзвенная кривая, левая часть которой соответствует скорости 200 м/с. Она образовалась за счет скачкообразного увеличения давления, в силу чего меньше чем 466.9 м/с. Среднее звено соответствует самому скачкообразному снижению скорости. Убедительного сходства с волной можно достичь при уменьшении значения шага τ . Справа от волны находится часть, пока не затронутая волной. В дальнейшем происходит перемещение фронта волны направо на $1/10$ часть длины в каждом шаге времени τ . С достижением правого конца участка образуется двухзвенная крайняя справа кривая. Потом происходит возвращение волны с той же амплитудой. Но при достижении левого конца подъем скорости будет уже меньше той амплитуды, чему причиной является скачкообразное возрастание давления, и т.д.

В конце обсуждения результатов приведем полезное для технологов суждение. Если проинтегрировать решение $p(x,t)$ по периоду и вычислить его среднее значение, то последует формула

$\bar{p}(t) = p_0 + \frac{M_H}{lf} c^2 t$. Если левую часть равенства принять равной значению давления, при котором

производится опрессовка, то получим приближенную формулу для продолжительности времени заправки:

$$t_{\text{зак}} = \frac{\bar{p}(t) - p_0}{c^2} lf,$$

где lf – физический объем рассматриваемого участка.

Выводы. Методом разделения переменных получены аналитические решения гиперболического уравнения для первого и второго родов граничных условий. Применительно к трубопроводной транспортировке сверхсжимаемой жидкости получены и проанализированы численные

результаты по массовому расходу и гидростатическому давлению для первого этапа проверки пригодности элементарного участка газопровода к эксплуатации. Выявлены периодические изменения массового расхода по времени, скачкообразные изменения гидростатического давления, а также своеобразная динамика изменения скорости потока. Предложена формула для определения продолжительности закачки газа при известной производительности нагнетателя.

Решения (5) и (6) можно интерпретировать применительно к малосжимаемой жидкости, когда скорость потока пропорциональна массовому расходу жидкости. Аналитические решения и результаты расчета по массовому расходу и давлению можно использовать также при изучении особенностей распространения продольных волн в упругих стержнях при двух типах граничных условий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Трубопроводный транспорт нефти и газа / Под общ. ред. Юфина В.А. М.: Недра, 1978. – 407 с.
- [2] Коротаев Ю.П., Ширковский А.И. Добыча, транспорт и подземное хранение газа. Учебник для вузов. М.: Недра, 1984. – 487 с.
- [3] Селезнев В.Е., Алешин В.В., Прялов С.Н. Современные компьютерные тренажеры в трубопроводном транспорте // Математические методы моделирования и практическое применение / Под ред. Селезнева В.Е. М.: МАКС Пресс, 2007. – 200 с.
- [4] Чарный И.А. Неустановившееся движение реальной жидкости в трубах. Изд. 2-е. М.: Недра, 1975. – 296 с.
- [5] Будаков Б.М., Самарский А.А., Тихонов А.Н. Сборник задач по математической физике. М.: Наука, 1972. – 678 с.
- [6] Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977. – 736 с.
- [7] Новоселов В.Ф., Гольянов А.И., Муфтахов Е.М. Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации газопроводов. Учебное пособие для вузов. М.: Недра, 1982. – 136 с.

Институт механики и сейсмостойкости сооружений
им. М.Т. Уразбаева АН РУз

Дата поступления
10.06.2019

И.К. Хужаев, С.С. Ахмаджонов, Х.Х. Аминов. Қисқа қуғур яқинлашуви доирасида қуғур элементар қисмига газ ҳайдаш масаласининг ечими

Чекли узунликка эга қуғурнинг четларида ҳосил бўлган масса сарфи сакраб ўзгаришлари туфайли ҳосил бўлган тўлқинларнинг тарқалиши масаласи шакллантирилган ва аналитик ечилган. Ечимни кам ва ўта сиқилувчан суюқликлар, шунингдек эластик стерженда бўйлама тўлқин тарқалиши масалаларини ўрганишга татбиқ этиши вариантлари муҳокама этилган. Газ қуғури элементар қисмининг эксплуатацияга яроқлилигини текиширишнинг биринчи босқичига доир графиклар келтирилган ва таҳлил этилган.

I.K. Khujayev, S.S. Akhmadjonov, H.H. Aminov. Solution of the problem of gas injection into the elementary area pipeline in the approximation of the "short" pipeline

The problem of the propagation of waves of mass flow surges formed at the ends of a pipeline with a finite length is formulated and solved analytically. The options for using the solution for cases of low and super compressible fluids, as well as for studying the propagation of longitudinal waves in an elastic rod, are discussed. Separate results relating to the first stage of testing the suitability for operation of an elementary pipeline section are presented and analyzed.

УДК 532.546

Б.Х. ХУЖАЁРОВ, А.И. УСМОНОВ

ПЕРЕНОС ВЕЩЕСТВА В ПОРИСТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ СРЕДАХ С ФРАКТАЛЬНОЙ СТРУКТУРОЙ

В пористых средах, содержащих большие макропоры, фильтрация жидкости и перенос вещества происходят с проявлением ряда особенностей. Есть много работ, где на основе экспериментальных исследований выявлены своеобразные эффекты. В теоретических работах исследования основываются, главным образом, на математические модели, наибольшее количество которых относится к феноменологическим.

Концептуально модели могут быть разделены на две большие группы. В первой группе моделей процесс описывается с микроскопической точки зрения. Перенос вещества рассматривается в определенной одиночной поре или канале с определенной геометрией либо в пустотной

среде между агрегатами определенного вида. Перенос из макропоры в окружающую среду описывается уравнениями типа диффузии. Такие типы моделей анализировались в работах [1 – 3].

Во второй группе моделей определенная геометрия макропор и окружающей ее среды не рассматривается в явном виде, а вместо этого каналы различного размера и окружающих пород рассматриваются как единое целое и исследуются с макроскопической точки зрения. Среда делится на две части, в одной из которых жидкость считается мобильной, т.е. подвижной, а в другой – неподвижной или малоподвижной. Массообмен между двумя частями (или зонами) обычно описывается кинетическим уравнением первого порядка. Модели такого типа обычно называются моделями “подвижного – неподвижного” типа. В качестве одной из первых моделей такого типа можно показать работу [4], где введены понятия «мобильная и иммобильная части» (зон) среды. Этот подход далее был развит в различных видах в работах [5 – 7].

В данной статье рассматривается аномальный перенос вещества в цилиндрической двух-зонной среде, учитывающий массообмен между зонами. Аномальность переноса связана фрактальной структурой обеих зон среды. Оценивается роль аномальности процесса на характеристики переноса. При этом учитываются принципы моделирования, ранее использованные в [8 – 11].

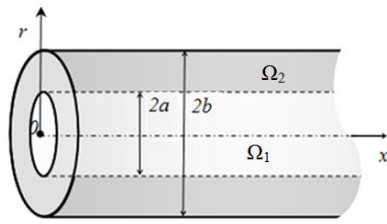


Рис.1. Цилиндрическая среда с цилиндрической макропорой

Постановка задачи. Рассматривается цилиндрическая пористая среда с цилиндрической макропорой в центре, т.е. область исследования задачи состоит из двух частей: 1) макропористая среда (макропора), имеющая радиус a (т.е. область $\Omega_1\{0 \leq x < \infty, 0 \leq r \leq a\}$), с большими порами, характеризующаяся относительно высокой пористостью и средней скоростью жидкости в ней, 2) окружающая цилиндрическая микропористая среда (микропора), занимающая область $\Omega_2\{0 \leq x < \infty, a \leq r \leq b\}$, имеющая относительно низкую или нулевую пористость и, соответственно, скорость потока (рис. 1) [12].

Используем следующие соотношения [12]:

$$V_f = a^2/b^2, V_a = 1 - V_f, \theta_m = V_f \theta_f, \theta_{im} = V_a \theta_a, \rho_m = V_f \rho_f, \rho_{im} = V_a \rho_a, \rho = \rho_m + \rho_{im}, f_m = \rho_m / \rho,$$

где V_f, V_a – объемные доли макропоры и микропоры в единице объема среды; θ_f, θ_a – локальные коэффициенты пористости макропористой и микропористой сред; θ_m, θ_{im} – относительные коэффициенты пористости макропористой и микропористой сред; ρ_f, ρ_a – локальные плотности макропористой и микропористой сред; ρ_m, ρ_{im} – относительные объемные плотности двух сред.

В макропоре с фрактальной структурой в одномерной постановке перенос вещества описывается уравнением

$$\theta_m \frac{\partial c_m}{\partial t} + \theta_{im} \frac{\partial c_{im}}{\partial t} = \theta_m D_m \frac{\partial^2 c_m}{\partial x^2} - \theta_m v_m \frac{\partial c_m}{\partial x}, \quad (1)$$

где c_m – средняя концентрация в Ω_1 , $\text{м}^3/\text{м}^3$; D_m – коэффициент диффузии в макропоре, $\text{м}^2/\text{с}$; v_m – средняя скорость распространения вещества в Ω_1 , $\text{м}/\text{с}$; β – порядок производной ($0 < \beta \leq 1$); c_{im} – средняя концентрация вещества в области Ω_2 ($\text{м}^3/\text{м}^3$), определяемая из следующего соотношения:

$$c_{im} = \frac{2}{b^2 - a^2} \int_a^b r c_a(t, x, r) dr, \quad (2)$$

где c_a – локальная концентрация в Ω_2 , $\text{м}^3/\text{м}^3$; t – время; x – расстояние.

Распространение вещества в области Ω_2 описано уравнением диффузии с дробной производной [13]

$$\frac{\partial c_a}{\partial t} = D_a \frac{1}{r^{\beta_1}} \frac{\partial^{\beta_1}}{\partial r^{\beta_1}} \left(r^{\beta_1} \frac{\partial^{\beta_1} c_a}{\partial r^{\beta_1}} \right), \quad a < r < b, \quad (3)$$

где D_a – коэффициент эффективной диффузии в Ω_2 , $\text{м}^{2\beta_1}/\text{с}$; β_1 – порядок производной ($0 < \beta_1 \leq 1$). Уравнение (3) дополняется условием непрерывности концентрации на общей границе микро- и макропористой сред

$$c_a(t, x, a) = c_m(t, x). \quad (4)$$

В цилиндрической окружающей среде продольное распространение вещества не учитывается и внешняя граница ($r=b$) является непроницаемой

$$\frac{\partial^{\beta_1} c_a(t, x, b)}{\partial r^{\beta_1}} = 0. \quad (5)$$

В точке $x=0$ по всей площади поперечного сечения $0 \leq r \leq a$, начиная с $t > 0$, в среду поступает неоднородная жидкость с постоянной концентрацией вещества c_0 и со средней постоянной скоростью v_m . Начальные и граничные условия принимаются в следующем виде:

$$c_m(0, x) = 0, \quad (6)$$

$$c_{im}(0, x) = 0, \quad (7)$$

$$c_a(0, x, r) = 0, \quad (8)$$

$$c_m(t, 0) = c_0, \quad c_0 = \text{const}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial^\beta c_m(t, \infty)}{\partial x^\beta} = 0. \quad (10)$$

Численное решение задачи. Для решения задачи применяем метод конечных разностей [14 – 17]. В области $\Omega_1 = \{(t, x, r), 0 \leq t < T, 0 \leq x < \infty, 0 \leq r \leq a\}$ и $\Omega_2 = \{(t, x, r), 0 \leq t < T, 0 \leq x < \infty, a \leq r \leq b\}$ введем равномерную по направлениям сетку

$$\Omega_{\tau h_1} = \left\{ (t_k, x_i); t_k = \tau k, x_i = i h_1, \tau = \frac{T}{K}, i = \overline{0, I} \right\},$$

$$\Omega_{\tau h_1 h_2} = \left\{ (t_k, x_i, r_j); t_k = \tau k, x_i = i h_1, r_j = j h_2, \tau = \frac{T}{K}, i = \overline{0, I}, j = \overline{0, J} \right\}.$$

Уравнение (3) перепишем в виде

$$\frac{\partial c_a}{\partial t} = D_a \frac{1}{r^{\beta_1}} \left(\frac{\partial^{\beta_1} r^{\beta_1}}{\partial r^{\beta_1}} \frac{\partial^{\beta_1} c_a}{\partial r^{\beta_1}} + r^{\beta_1} \frac{\partial^{2\beta_1} c_a}{\partial r^{2\beta_1}} \right), \quad a < r < b. \quad (11)$$

Уравнение (1) аппроксимируется на сетке $\Omega_{\tau h_1}$, а уравнение (11) – на $\Omega_{\tau h_1 h_2}$ следующим образом:

$$\begin{aligned} & \frac{(c_m)_i^{k+1} - (c_m)_i^k}{\tau} + \theta \frac{(c_{im})_i^{k+1} - (c_{im})_i^k}{\tau} = \\ & = \frac{D_m}{\Gamma(3-\beta)h_1^{2\beta}} \sum_{l=0}^{i-1} w_{\beta, l} \left((c_m)_{j-(l-1)}^k - 2(c_m)_{i-l}^k + (c_m)_{i-(l+1)}^k \right) - v_m \frac{(c_m)_i^k - (c_m)_{i-1}^k}{h_1}, \quad i = \overline{1, I-1}, \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} & \frac{(c_a)_{i,j}^{k+1} - (c_a)_{i,j}^k}{\tau} = D_a \frac{1}{(j h_2)^{\beta_1}} \left\{ \frac{h_2^{\beta_1} \left(j + \frac{1}{2} \right)^{\beta_1} - \beta_1 h_2^{\beta_1} \left(j - \frac{1}{2} \right)^{\beta_1}}{\Gamma(2-\beta_1) h_2^{\beta_1}} \cdot \frac{(c_a)_{i,j}^{k+1} - \beta_1 (c_a)_{i,j-1}^{k+1}}{\Gamma(2-\beta_1) h_2^{\beta_1}} + \right. \\ & \left. + \frac{(j h_2)^{\beta_1}}{\Gamma(3-2\beta_1) h_2^{2\beta_1}} \sum_{l=0}^{j-1} w_{2\beta_1, l} \left((c_a)_{i,j-(l-1)}^k - 2(c_a)_{i,j-l}^k + (c_a)_{i,j-(l+1)}^k \right) \right\}, \quad i = \overline{0, I}, j = \overline{1, J-1}, \end{aligned} \quad (13)$$

где $(c_m)_i^k$, $(c_{im})_i^k$, $(c_a)_{i,j}^k$ – сеточные значения функций $c_m(t, x)$, $c_{im}(t, x)$, $c_a(t, x, r)$ в точке (t_k, x_i, r_j) ,

$\theta = \theta_{im} / \theta_m$, $w_{\beta,l} = (l+1)^{2-\beta} - (l)^{2-\beta}$, $w_{2\beta_1,l} = (l+1)^{2-2\beta_1} - (l)^{2-2\beta_1}$, Γ – гамма-функция.

Начальные и граничные условия (6) – (10) аппроксимируются в виде

$$(c_a)_{i,j}^k = (c_m)_i^k, \quad i = \overline{0, I}, \quad j = 0, \quad k = 0, \quad (14)$$

$$\frac{(c_a)_{i,j}^k - \beta_1 (c_a)_{i,j-1}^k}{\Gamma(2 - \beta_1) h_2^{\beta_1}} = 0, \quad i = \overline{0, I}, \quad j = J, \quad k = \overline{0, K}, \quad (15)$$

$$(c_m)_i^k = 0, \quad i = \overline{0, I}, \quad k = 0, \quad (16)$$

$$(c_{im})_i^k = 0, \quad i = \overline{0, I}, \quad k = 0, \quad (17)$$

$$(c_a)_{i,j}^k = 0, \quad i = \overline{0, I}, \quad j = \overline{0, J}, \quad k = 0, \quad (18)$$

$$(c_m)_i^k = c_0 = \text{const}, \quad i = 0, \quad k = \overline{1, K}, \quad (19)$$

$$\frac{(c_m)_i^k - \beta (c_m)_{i-1}^k}{\Gamma(2 - \beta) h_1^\beta} = 0, \quad i = I, \quad k = \overline{0, K}. \quad (20)$$

Результаты расчетов. В численных расчетах использованы следующие значения исходных параметров: $D_a = 10^{-6} \text{ м}^{2\beta_1}/\text{с}$, $D_m = 10^{-5} \text{ м}^\beta/\text{с}$, $v_m = 10^{-4} \text{ м/с}$, $c_0 = 0.01$, $\theta_f = 1.0$, $\theta_a = 0.6$, $a = 0.05 \text{ м}$, $b = 0.25 \text{ м}$.

Результаты расчетов показывают, что уменьшение порядка производной 2β от двойки в диффузионном члене уравнения переноса приводит к более размытому распределению поля концентрации c_m в макропоре (рис. 2, а). Сравнивая на рис. 2, а в случаях 1, 2, можно заменить более продвинутые профили c_m по направлению оси x в случае 2. Это соответствует случаю «быстрой диффузии». Такое распределение концентрации в макропоре отражается и на распределении в микропоре, так как это распределение – следствие перетока массы через общую границу сред $r=a$ (рис. 2, б). За счет более интенсивного переноса вещества в микропоре процесс переноса в макропоре замедляется, т.е. происходит более интенсивное поглощение вещества в микропору из макропоры. Уменьшение же зоны распространения вещества в микропоре является следствием уменьшения зоны распространения вещества в макропоре.

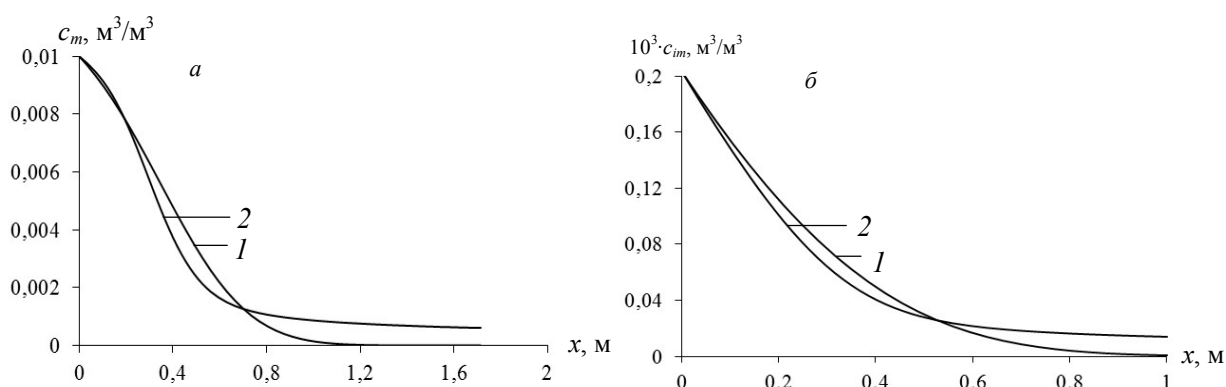


Рис. 2. Профили концентраций c_m , c_{im} при $t=3600 \text{ с}$, $v_m=10^{-4} \text{ м/с}$, $D_a=10^{-6} \text{ м}^{2\beta_1}/\text{с}$, $D_m=10^{-5} \text{ м}^\beta/\text{с}$, $\beta_1=1$, $\beta=1$ (1); $\beta=0.8$ (2)

На рис. 3 представлено поле $c_a(t, x, r)$ при $t=3600$ с. На нем можно заметить деформацию поверхностей с уменьшением значений β и β_1 . Эффект быстрой диффузии особенно заметен на рис. 3, в.

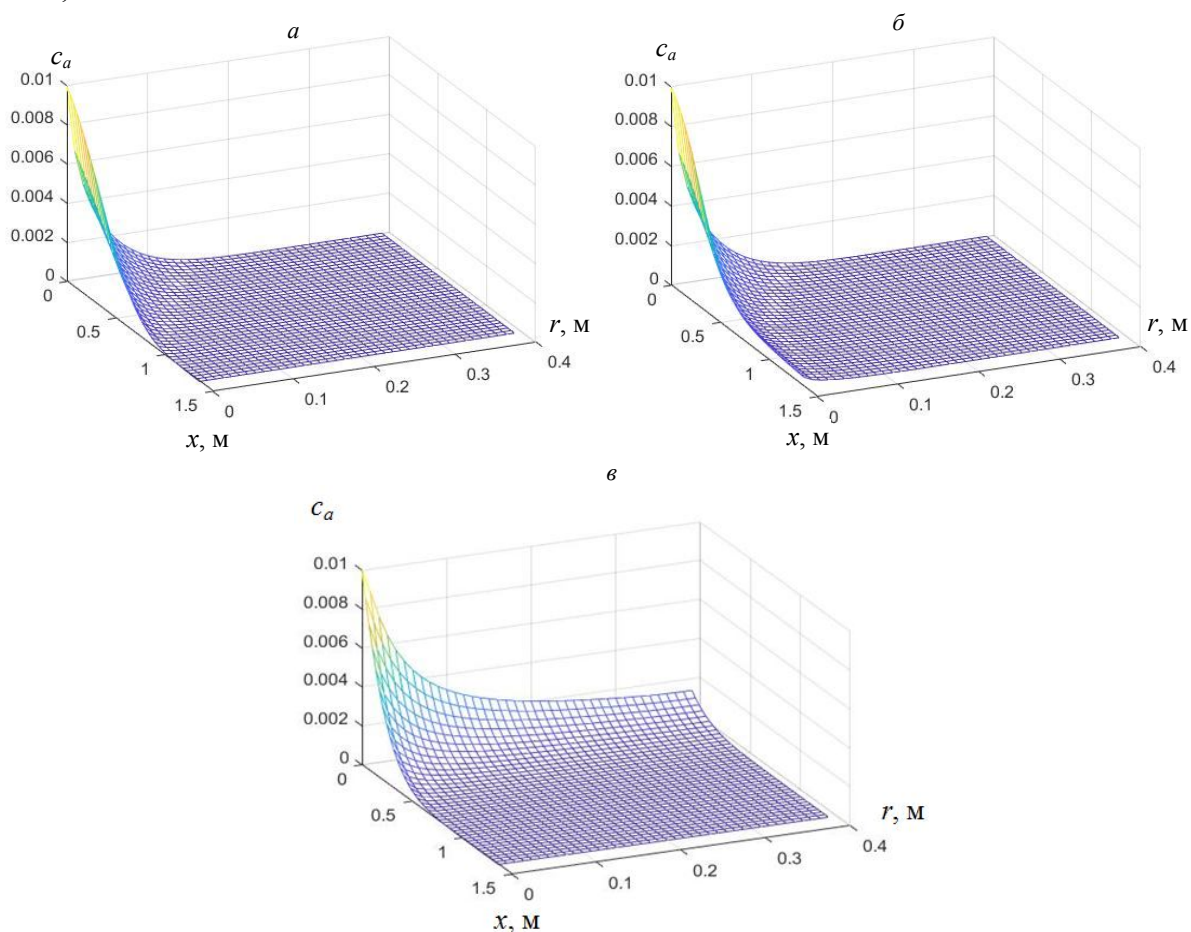


Рис. 3. Поверхности c_a при $t=3600$ с, $v_m=10^{-4}$ м/с, $D_a=10^{-6}$ м²/с, $D_m=10^{-5}$ м²/с, $\beta_1=1$, $\beta=1$ (а); $\beta_1=0.8$ (б); $\beta_1=1$, $\beta=0.8$ (в)

Таким образом, аномальность существенно влияет на характеристики переноса. При этом аномальность в одной зоне отражается и на характеристике переноса другой зоны. Значительно влияние аномальности и на массообмен между зонами, т.е. между макро- и микропорой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Rao P.S.C., Jessup R.E., Addison T.M. Experimental and theoretical aspects of solute diffusion in spherical and non-spherical aggregates // Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 133. 1982. P. 342 – 349.
- [2] Sudicky E.A., Frind E.O. Contaminant transport in fractured porous media: Analytical solutions for a system of parallel fractures // Water Resour. Res. Vol. 18(6). 1982. P. 1634 – 1642.
- [3] Tang D.H., Frind E.O., Sudicky E.A. Contaminant transport in fractured porous media: Analytical solution for a single fracture // Water Resour. Res. Vol. 17(3). 1981. P. 555 – 564.
- [4] Coats K.H., Smith B.D. Dead-end volume and dispersion in porous media // Society of Petroleum Engineering Journal. Vol. 4(1). 1964. P. 73 – 84.
- [5] Gaudet J.P., Jegat H., Vachaud G., Wierenga P. Solute transfer with exchange between mobile and stagnant water through unsaturated sand // Soil Sci. Soc. Am. J. Vol. 41. 1977. P. 665 – 671.
- [6] Nkedi-Kizza P., Biggar J.W., Selim H.M., van Genuchten M.Th., Wierenga P.J., Davidson J.M., Nielsen D.R. On the equivalence of two concentric models for describing ion exchange during transport through an aggregated oxisol // Water Resour. Res. Vol. 20. 1984. P. 1123 – 1130.
- [7] Selim H.M. Transport & Fate of Chemicals in Soils: Principles & Applications. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton. London; New York, 2015.
- [8] Хужаёров Б.Х. Фильтрация неоднородных жидкостей в пористых средах. Ташкент: Фан, 2012. – 280 с.
- [9] Хужаёров Б.Х., Махмудов Ж.М. Математические модели фильтрации неоднородных жидкостей в пористых средах. Ташкент: Фан, 2014. – 280 с.

- [10] Хужаёров Б.Х., Махмудов Ж.М., Зикиряев Ш.Х. Перенос вещества в пористой среде, насыщенной подвижной и неподвижной жидкостью // Инженерно-физический журнал. 2010. Т. 83. № 2. С. 248 – 254.
- [11] Хужаёров Б.Х., Джиянов Т.О., Юлдашев Т.Р. Аномальный неизотермический перенос вещества в неоднородной пористой среде // Инженерно-физический журнал. 2019. Т. 92. № 1. С. 110 – 119.
- [12] Van Genuchten M.Th., Tang D. H. Some Exact Solutions for Solute Transport Through Soils Containing Large Cylindrical Macropores // Water Resources Research. Vol. 20. 1984. N. 3. P. 335 – 346.
- [13] Ming-Fan Li, Ji-Rong Ren, Tao Zhu. Fractional Vector Calculus and Fractional Special Function // Mathematical Physics, 2010.
- [14] Бейбалаев В.Д., Шабанова М.Р. Численный метод решения начально-граничной задачи для двумерного уравнения теплопроводности с производными дробного порядка // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Физико-математические науки». Вып. 5(21). 2010. С. 244 – 251.
- [15] Samarsky A. A. Theory of Difference Schemes. Moscow: Nauka, 1977 (in Russian).
- [16] Xia Yuan, Wu Jichun, Zhou Luying. Numerical solutions of time-space fractional advection–dispersion equations // International Conference on Computational & Experimental engineering and Sciences. Vol. 9. 2009. N. 2. P. 117 – 126.
- [17] Zhou L., Selim H.M. Application of the fractional advection-dispersion equation in porous media // Soil Sci. Soc. Am. J. 2003. N. 67. P. 1079 – 1084.

Самаркандский государственный университет

Дата поступления

17.05.2018

Б.Х. Хўжаёров, А.И. Усмонов. Фрактал тузлишли цилиндрик говак муҳитларда модданинг кўчиши

Ишда турлича фрактал тузлишига эга бўлган соҳали ичма-ич жойлашган цилиндрик говак муҳитларда модданинг кўчиши масаласи қаралган. Кўчиш жараёни координата бўйича каср тартибли дифференциал тенгламалар кўринишида ифодаланиб, уларга қўйилган бошланғич-чегаравий масала сонли тадқиқ этилган. Тенгламалардаги каср тартибли диффузион ҳаднинг модда кўчиши жараёнига таъсири ўрганилган.

B.Kh. Khuzhayorov, A.I. Usmonov. Solute transport in porous cylindrical medium with fractal structure

In this paper a problem of solute transport in coaxial cylindrical porous media is considered. The transport process is described in the form of fractional differential equations with respect space variables initial-boundary value problems is passed and numerically solved. The effect of diffusion term with fractional order on solute transport characteristics is investigated.

УДК 631.358:633.51

Г.К. АННАКУЛОВА, А.А. ШЕРМУХАМЕДОВ, Б.Ж. АСТАНОВ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ИНЕРЦИИ И МОМЕНТОВ НАВЕСНОГО МЕХАНИЗМА ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ НАВЕСНОЙ СИСТЕМЫ ТРАКТОРА

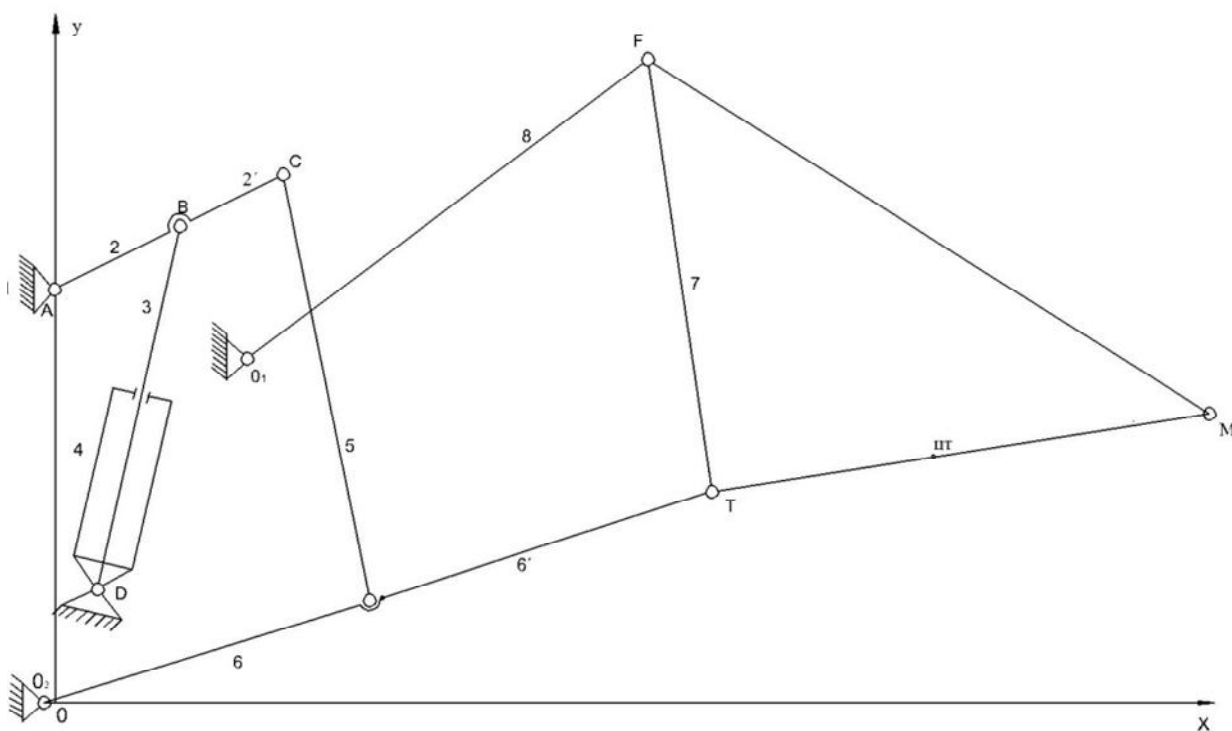
Современные энергонасыщенные универсально-пропашные тракторы способны успешно работать с сельскохозяйственной техникой высокой производительности, увеличенными габаритами и весом. В связи с этим гидравлическая навесная система (ГНС) тракторов должна обладать высокой грузоподъемностью, так как подъем и опускание навесной машины осуществляются при движении агрегата в процессе выполнения различных сельскохозяйственных операций. Для расчета ГНС трактора применяют силовой и графический методы [1].

Силовой расчет механизмов заключается в определении тех сил, которые действуют на отдельные звенья механизмов при их движении.

Вопрос об определении сил имеет большое практическое значение при расчетах на прочность отдельных деталей механизмов, определении энергии, потребной для работы механизма, расчете износа трущихся деталей в кинематических парах и т.д. Зная силы, действующие на различные звенья механизма, можно выбрать наиболее рациональные размеры звеньев, определить формы, необходимые для достаточной прочности и надежности деталей.

Силовой расчет механизмов производится разными методами. В теории машин и механизмов широкое применение имеет метод силового расчета механизмов на основе обыкновенных уравнений равновесия твердых тел. Сущность этого метода сводится к применению при решении задач динамики уравнений равновесия в форме Даламбера.

На тракторе для навески сельскохозяйственных машин применяется шарнирный восьми-звенный механизм с гидравлическим приводом. При силовом расчете должны быть известны усилия, действующие на отдельные звенья и кинематические пары механизма (рис. 1). Усилия опре-

$$\varepsilon_i = \frac{a_i^I}{l_i^H},$$
$$P_{wi} = -m_i a_{si}$$
$$M_{ji} = -\varepsilon_i J_{si} \text{ ,}$$
$$M_{yi} = 1.72 \cdot 0.04 = 0.07 \text{ H}\cdot\text{м.}$$


Ускорение центра тяжести a_{si} звена определяем по плану ускорений (рис. 2) [2], для чего полюс π соединяем с точкой si , соответствующей центру тяжести звена в плане. Положение точки si в плане ускорения может быть найдено, исходя из принципа подобия фигур планов механизма и ускорений, из следующей пропорции:

$$\frac{r_{si}}{l_i^c} = \frac{\pi \cdot Si}{\pi \cdot j} = \frac{x_i \cdot \pi j}{l_i^n}.$$

$$\pi \cdot si = \frac{\pi c \cdot r_{si}}{AC} = \frac{17.8 \cdot 59}{40} = 26.4,$$

где r_{si} – расстояние от начала координат до точки si на схеме; x_i – координата центра тяжести звена механизма; j – обозначенные на плане концы отрезков соответствующих ускорений звеньев механизма, например, точки c звена 2'. Из полюса π плана ускорения отложим отрезок πs звено 2' в направлении πc , конец которого определит положение точки si

$$a_{si} = \pi \cdot si \cdot \mu_a,$$

где $\pi \cdot si$ – отрезок в плане ускорений, соответствующий ускорению центра тяжести звена механизма; μ_a – масштаб плана ускорений, согласно $\mu_a = 0.015 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2} / \text{мм}$; si – точка в плане ускорений, характеризующая центр тяжести звена [2].

По координатам определены положения si центра тяжести звеньев механизма. Например, ускорение $a_{s2'}$ центра тяжести звена 2' (AC) будет

$$a_{s2'} = \pi \cdot s2' \cdot \mu_a = 26.4 \cdot 0.015 = 0.4 \text{ м/с}^2.$$

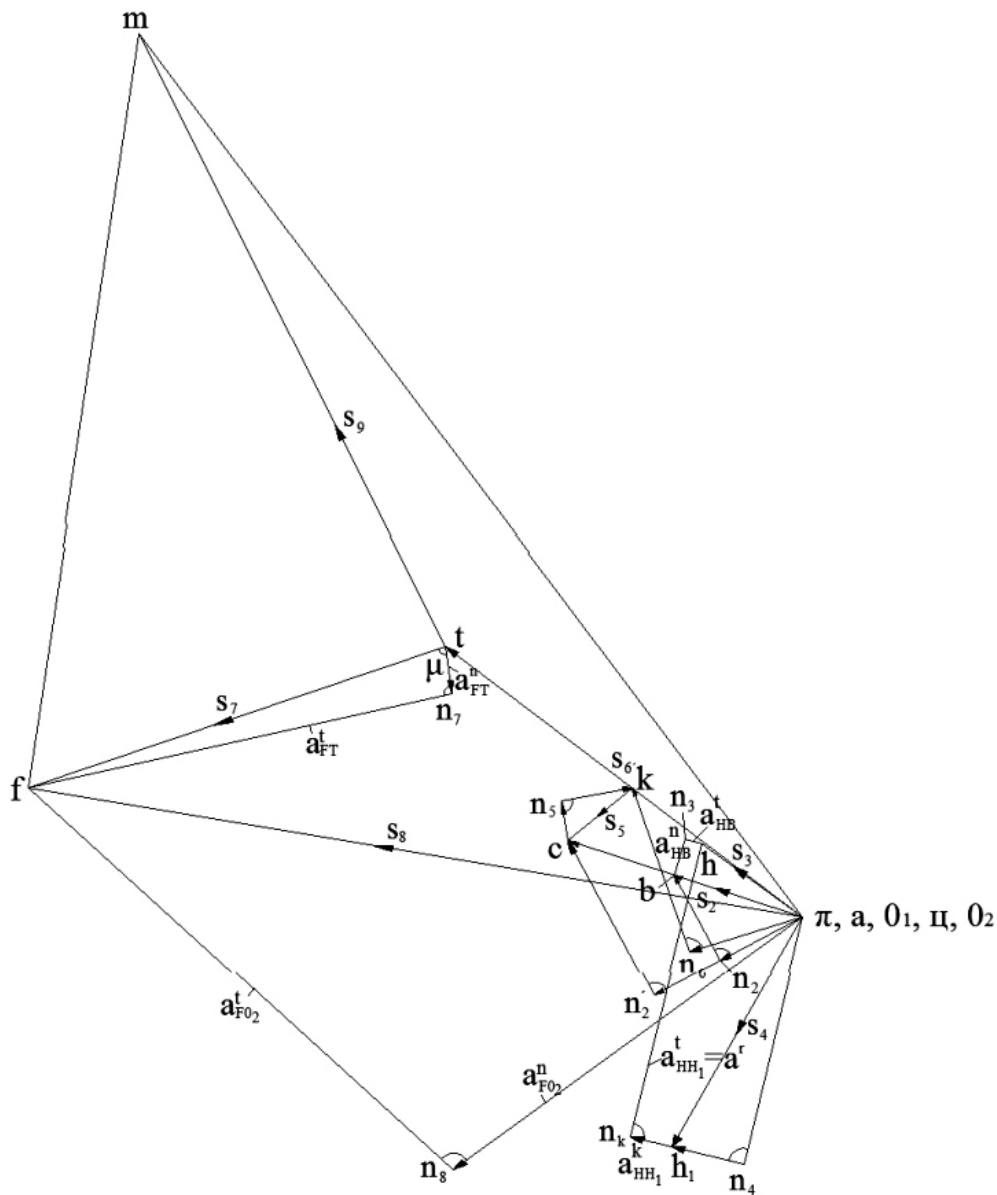


Рис. 2. План ускорений звеньев механизма ГНС трактора (верхнее положение) по данным работы [2]

Результаты подсчетов ускорений звеньев сведены в таблицу. Найденные ускорения звеньев наносим на план (схема) механизма в соответствии с их точками приложений и направлением (рис. 3).

Силы инерции, приложенные к центрам тяжести звеньев, определяем из выражения

$$P_{ui} = -\frac{G_i}{g} \cdot a_{si},$$

где G_i – вес i -го звена, Н; g – ускорение силы тяжести ($g=9.81 \text{ м/с}^2$).

Например, сила инерции звена 2' (AC)

$$P_{ui} = -\frac{68.5}{9.81} \cdot 0.4 = -2.8 \text{ Н.}$$

Силы инерции звеньев наносим в план (схема) механизма в противоположном направлении ускорений (см. рис. 3).

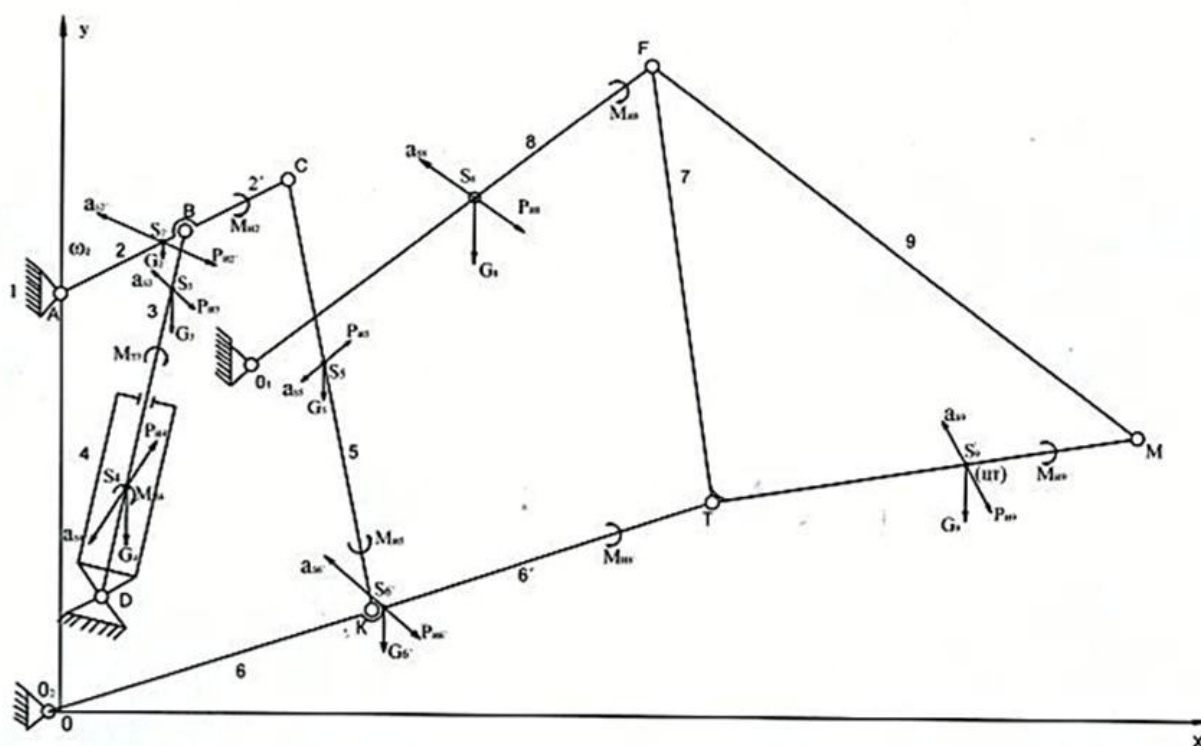


Рис. 3. Силы, действующие на звенья механизма ГНС

Масштаб сил инерции μ_{pi}

$$\mu_{pi} = \frac{P_{ui2}}{mn_{2'}} = \frac{2.8}{5} = 0.56 \text{ Н} \cdot \text{мм}^{-1},$$

где $mn_{2'}$ – отрезок в плане ускорения, соответствующий приложенным к звеньям силам. Результаты подсчетов сил инерции P_{ui} звеньев сведены в таблицу.

Определим отрезок mn_{gi} , соответствующий в плане ускорений весу $G_{2'}$ звена 2' (AC):

$$mn_{g2'} = \frac{G_{2'}}{\mu_{pi}} = \frac{68.5}{0.56} = 122.3 \text{ мм} = 0.12 \text{ м.}$$

Длины mn_{gi} на плане ускорений приняты произвольно.

Показатели гидравлической навесной системы трактора представлены в форме таблицы.

Показатели ГНС трактора

№ п/п	Показатели	Номера звеньев									
		2	2'	3	4	5	6	6'	7	8	9
		AB	AC	BH	ЦН ₁	СК	O ₂ K	O ₂ T	TF	O ₁ F	T(ТЦ)
1.	Натуральная длина расчетная (по кинематической схеме) l_i^H , м	0.26	0.62	0.47	0.35	0.60	1.2	1.2	1.51	0.72	1.22
2.	Координата центра тяжести χ_{si} , м	0.11 0.11	0.31 0.178	0.23 0.13	0.17 0.17	0.3 0.17	0.58 0.24	0.58 0.5	0.26 0.17	0.36 0.36	0.617
3.	Масса звена m_i , кг	6.98	6.98	5.14	10.9:7.38	6.84	19.1	19.1	1.52	2.14	28.9
4.	Вес G_i , Н	68.5	68.5	50.4	106.9:72.4	67.1	187.4	187.4	14.9	21.0	284.5
5.	Угловое ускорение звена ε_i , с ⁻²	1.35	1.72	2.14	0.79	0.49	1.77	1.77	3.86	3.3	1.43
6.	Момент инерции звена относительно центра тяжести J_{Si} , кг·м ²	0.04	0.04	0.1	0.021:0.014	0.2	2.2	2.2	0.034	0.09	3.54
7.	Момент пар сил инерции звена M_{ii} , Н·м	0.054	0.07	0.21	0.017 0.011	0.098	-	3.89	0.13	0.297	5.06
8.	Ускорение центра тяжести a_i , м/с ²	-	0.4	0.23	0.5	0.15	-	0.8	0.6	1.24	1.19
9.	Сила инерции звена P_{ii} , Н	-	2.8	1.18	5.45:3.7	1.03	-	15.28	1.06	3.08	20.23
10.	Момент инерции относительно координатной оси Y_i , кг·м ²	-	0.16	0.4	0.35:0.23	0.81	-	13.5	0.13	0.37	14.32
11.	$S_i P_{ii}$ – отрезок, соответствующий силам инерции, мм	-	5.0	2.1	9.7:6.6	1.84	-	27.3	1.89	5.5	36.1
12.	$S_i G_i$ – отрезок, соответствующий весам звеньев, $\frac{G_i}{\mu_{pi}}$, мм		122.3	90.0	190.9:75.7	119.8	-	234.6	26.6	37.5	508
13.	$\pi s_i = x_{si} \cdot \frac{\pi \cdot j}{l_i^H}$ – отрезок на плане		26.4	15.6	30.7	10	-	53.5	47.5	96	46.7
14.	$a_{si} = \frac{\pi \cdot S_i}{\mu_a} = 0.015$, м/с ² – ускорение ЦТ		0.4	0.23	0.5	0.15	-	0.5	0.6	0.24	1.19
15.	x_{si} – координата ЦТ в натуре, мм		17.8	130	170	170	240	500	170	360	310
16.	$S_i a_{si}$ – отрезок в мм на схеме, соответствующий a_{si}		26.7	15.6	30.7	10	-	53.5	47.5	96	96.8
17.	r_{si} – отрезок, соответствующий координатам ЦТ на схеме, мм		19.8	13	15.6	33.5	-	36	33.5	40	33
18.	$S_i P_{ii}$ – отрезок, соответствующий силам инерции, мм	-	5.0	2.1	9.7:6.6	1.84	-	27.3	1.89	5.5	36.1

Таким образом, определены силы инерции звеньев, приложенные к центрам тяжести звеньев, а также моменты пар сил инерции звеньев механизма ГНС трактора, в зависимости от действующих сил и движущего момента, приложенного к расчетному звену.

Полученные показатели гидравлической навесной системы позволяют устранить дополнительные динамические нагрузки от сил инерции на опоры гидравлической навесной системы соответствующим подбором масс звеньев.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Артоболовский И. И. Теория механизмов. М.: Наука, 1967. – 719 с.
- [2] Аннакулова Г. К., Шермухамедов А. А., Астанов Б. Ж., Ахмедов Ш. А. Расчет кинематических параметров ГНС трактора // Агро илм. Ташкент, 2015. № 4. С. 93 – 94.
- [3] Чудаков Д. А. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. М.: Колос, 1972.

Институт механики и сейсмостойкости сооружений
им. М.Т. Уразбаева АН РУз

Дата поступления
11.04.2019

Г.К. Аннакулова, А.А. Шермухамедов, Б.Ж. Астанов. Трактор гидравлик осма тизимининг осма механизмининг инерция кучи ва моментларини аниқлаш услуби

Мақолада трактор гидравлик осма тизими механизмига таъсир этувчи кучлар ва ҳисоблаш звеносига қўйилган ҳаракатлантирувчи моментига боғлиқ ҳолда тизим звенолари оғирлик марказларига қўйилган звенолардаги инерцион кучлар, шунингдек инерцион кучлар жуфтликларидан ҳосил бўладиган моментлар аниқланган.

G.K. Annakulova, A.A. Shermukhamedov, B.J. Astanov. Method of determination of inertia forces and moments of the hinged mechanism of hydraulic hinged system of the tractor

The article defines the inertia forces of the links applied to the centers of gravity of the links, as well as the moments of the pairs of inertia forces of the links of the mechanism of the tractor hydraulic hinged system, depending on the forces and the driving moment applied to the design link.

УДК 631.358:633.511

А.А. РИЗАЕВ, А.Т. ЙУЛДАШЕВ, Д.А. КУЛДАШЕВ

ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ХЛОПКОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

Производительность машины – один из основных показателей ее работы и эффективности использования. Она определяется работой, выполненной машиной, за единицу времени. И конкретно на примере сельхозмашин производительность рассчитывается как площадь или масса урожая, убранная за единицу времени, т.е. по известному выражению [1]:

$$W = H \cdot V, \quad (1)$$

где W – производительность работы, га/ч; H – ширина площади, обрабатываемой одной машиной, м; V – рабочая скорость движения машины, м/с.

Учет урожайности обрабатываемой культуры и затраты времени на основной технологический процесс сбора хлопка привел к уточнению выражения (1) на примере хлопкоуборочной машины в виде [2 – 4]:

$$W = H \cdot V \cdot U_p \cdot P \cdot \eta, \quad (2)$$

где U_p – масса урожая хлопка по раскрытым коробочкам, кг; η – коэффициент, учитывающий затрату времени на основной сбор хлопка; P – полнота сбора машинной раскрытой части урожая.

Последняя связана со степенью раскрытия коробочек P_p и общей урожайностью хлопкового поля U в виде [2, 3, 5]:

$$U_p = P_p U. \quad (3)$$

Дальнейшее уточнение выражения (2) связано с нестабильностью полноты сбора хлопка $P=q(t)$ хлопкоуборочной машиной из-за конструктивных особенностей ее рабочих органов [3]:

$$W = H \cdot V \cdot U_p \cdot q(t) \cdot \eta, \quad (4)$$

где $q(t)$ – среднециклическая стабильность полноты сбора хлопка связанная с подготовленности агрофона, конструктивных особенностей машины; t – время, затраченное на основной сбор урожая.

По ГОСТу 22587-91 уборка урожая хлопчатника определена двумя заездами машины: первый – сбор при раскрытии коробочек $P_p = 55 - 60\%$ и последующий при дополнительном 20–25 % их раскрытии на кустах хлопчатника. По этой двухэтапной технологии сбора в работе [5] определена сезонная производительность машины и дана рекомендация, за оценку которой принята сезонная загрузка хлопкоуборочной машины с числом рабочих дней, проработанных на первом сборе.

Если выражение (1) характеризует два основных параметра машины, то выражение (4) включает основные факторы: конструктивные – обрабатываемая ширина междурядья, скорости движения машины, урожайность хлопкового поля по раскрытым коробочкам, полнота сбора уборочными аппаратами и использование основного времени для сбора урожая хлопчатника. Следовательно, на первый взгляд наибольшая производительность хлопкоуборочной машины может быть обеспечена за счет:

– увеличения одновременно обрабатываемых рядков хлопчатника, но оно ограничено условиями размещения уборочных аппаратов в машине и приведением их в действие от энергетического модуля, экологическими нормами, обслуживания аппаратов, транспортировки хлопка в бункер и организацией способа уборки хлопка;

– скорости движения машины, связанной с технологическим процессом в уборочных аппаратах и обеспечением качества работы машины на уровне установленных требований;

– массы выращенного урожая, связанной с биологическими особенностями сорта и агротехнологическими мероприятиями, а также раскрытием коробочек, которые на основе мирового опыта и опытов, проведенных в УзГЦИТТ и НИИМСХ, должны составлять не менее 90% от общего урожая [6];

– полноты сбора уборочными аппаратами, которая на основе мирового опыта должна составлять не менее 90 % (по ГОСТу 22587-91 не менее 85 %) за однократный проход машины;

– эффективности использования сменного времени при уборке хлопка, которая, по данным УзГЦИТТ, исходя из надежности работы уборочных аппаратов, составляет 58 – 69 % для вертикально-шпиндельных и более 70 % для горизонтально-шпиндельных машин.

Существенное сокращение времени на технологическое и техническое обслуживание машины, повышение надежности узлов и деталей уборочного аппарата, достижение устойчивости работы пневмотранспортной системы, эффективности использования объема бункера и способов уборки хлопка являются резервами повышения производительности хлопкоуборочной машины.

Как отмечалось, скорость движения машины непосредственно влияет на производительность, но она связана с качественными и количественными показателями, а также динамическими процессами в хлопкоуборочной машине. На примере вертикально-шпиндельного типа рассмотрим, какие параметры уборочного аппарата непосредственно определяют скорость движения хлопкоуборочной машины.

Из исследований М.В. Сабликова [7] известно, что основным условием сбора хлопка в уборочном аппарате являются активность и фронтальность этой активной части шпинделя по отношению к коробочкам хлопчатника, находящимся в рабочей камере. Используя известную из теоретической механики методику определения мгновенного центра вращения (МЦВ) тел, совершающих сложное вращательное движение (планетарное движение), И.Х. Файзиев [8] и О.С. Джаббар [9] в своих расчетах приводят аналитические выражения для расчета МЦВ барабана и привода шпинделя и определяют активную часть поверхности шпинделя. О.С. Джаббар [9] с учетом условия фронтальности и ненаклонения куста в направлении движения хлопкоуборочной машины предлагает рассчитать скорость машины в пределах

$$\omega_{\delta} \cdot \frac{a-B}{2} \geq V_m \geq \sqrt{V_{\delta}^2 - V_{au}^2 \cdot \sin^2 \beta}, \quad (5)$$

где ω_{δ} – частота вращения барабана вокруг собственной оси, с^{-1} ; a – межцентровое расстояние между противоположными барабанами в уборочном аппарате, м; B – расстояние между центрами шпинделей на противоположных парах барабанов из условия ненаклонения куста или расстояние между МЦВ противоположных пар шпиндельных барабанов в рабочей камере аппарата, м; V_{δ} – линейная скорость центра шпинделя на барабане, м/с; V_{au} – линейная скорость любой точки на шпинделе при его абсолютном вращении, м/с; β – угол, характеризующий наружные границы активности зуба и измеряемый от касательной к окружности сечения шпинделя до прямой, определяющей верхнюю границу угла активности, $\beta = \alpha + \varphi$ (α – половина угла заострения зуба; φ – угол трения хлопка о материал зуба), град.

При шахматном расположении шпинделей противоположных пар барабанов в рабочей камере уборочного аппарата с учетом кинематических режимов работы машины значения “ a ” и “ B ” определяются [10, 11]:

$$a = R \left(1 + \cos \frac{\pi}{z} \right) + 2r_u + b, \quad (6)$$

$$B = 2R \left(1 - \frac{1}{k} \right) \sqrt{k^2 + 1 - 2k \cdot \sin \varphi_{\delta}} + b, \quad (7)$$

где R – радиус барабана по центрам шпинделей, м; z – количество шпинделей на барабане; $r_{ш}$ – радиус шпинделя, м; b – ширина рабочей щели, м; k – коэффициент опережения барабана, $k = V_{\delta}/V$; $V_{\delta} = R \cdot \omega_{\delta}$; $\varphi_{\delta} = \omega_{\delta} \cdot t$ – угол поворота барабана относительно продольной оси посева хлопчатника, град.

Как известно, сбор хлопка из раскрытой коробочки осуществляется только при ее деформированном состоянии [10]. И процессы вкалывания зубьев в хлопок, извлечение его из коробочки и наматывание дольки на поверхность шпинделя характеризуются шириной рабочей щели « b », которая взаимосвязана с диаметром деформированной коробочки (она основана на расчетной схеме, приведенной в работе [10]):

$$b = \sqrt{(D'_k + 2r_{ш})^2 - R_{\delta}^2 \sin^2 \frac{\pi}{z}} - 2r_{ш}, \quad (8)$$

где D'_k – условный диаметр деформированной раскрытой коробочки, $D'_k = D_k - d$; $d \approx 0.1744 D_k$; D_k – диаметр эквивалентного шара, равного диаметру раскрытой коробочки; d – геометрическая деформация шара (0.1744 – коэффициент, учитывающий объем деформированного шара – коробочки, рассчитанный нами на основе обработки экспериментов Б. Тулаева и З.Х. Иззатова).

Подставляя выражения (6) и (7) в (5), можно заметить, что геометрические и кинематические параметры уборочного аппарата строго взаимосвязаны со скоростью движения хлопкоуборочной машины. Для достижения наибольшей производительности машины при сборе хлопка с учетом активности зубьев шпинделей и фронтальности расположения активной поверхности рабочего органа по отношению к коробочке хлопчатника скорость движения следует принимать (при $\cos \pi/z \approx 1.0$) равной

$$V_{м} \leq \frac{\omega_{\delta} \cdot (a - B)}{2} = \left\{ R \left[1 - \left(1 - \frac{1}{k} \right) \cdot \sqrt{k^2 + 1 - 2k \sin \varphi_{\delta}} \right] + 2r_{ш} \right\} \cdot \omega_{\delta}. \quad (9)$$

Учет баланса времени при технологии машинной уборки хлопка позволил в [12] рассчитать производительность за смену как по убранной площади, так и по массе собранного хлопка. Исходя из этого и на основе выражений (4) и (9), расчетная формула для производительности хлопкоуборочной машины вертикально-шпиндельного типа примет вид:

$$W = \eta H \cdot t_{см} \cdot V_p \cdot q \cdot \left\{ R \left[1 - \left(1 - \frac{1}{k} \right) \cdot \sqrt{k^2 + 1 - 2k \sin \varphi_{\delta}} \right] + 2r_{ш} \right\} \cdot \omega_{\delta}. \quad (10)$$

Выражение (10) связывает конструктивные кинематические параметры хлопкоуборочной машины (H , R , $r_{ш}$, k , φ_{δ} , ω_{δ}), характеристики агрофона (V_p), изменение полноты сбора хлопка в течение времени q и баланс сменного времени (η , $t_{см}$).

Основываясь на результатах опытов, выполненных в НИИМСХ [13], где рациональные значения коэффициента опережения барабана изменяются в пределах 1.3 – 1.5, линейная скорость точек на поверхности шпинделя должна быть 1.7 – 1.9 м/с и при $R=146$ мм, $r_{ш}=14$ мм частоты вращения шпинделя $\omega_{ш}$ не должна превышать 135 с⁻¹, а барабана $\omega_{\delta} \leq 12.0$ с⁻¹. Тогда скорость движения машины должна быть в пределах 1.25 – 1.65 м/с.

Для решения проблемы разового сбора отечественными хлопкоуборочными машинами в НИИМСХ был предложен способ уборки «след по следу» последующих при повышенной степени раскрытия коробочек, а в АО «БМКБ-Агромаш» участниками проектов БФ-1-023 и МВ-Атех-2018-92+БВ-Атех-2018-13 предложен так называемый «дробный» способ уборки урожая хлопчатника. При этом эффективность использования машины по первому способу снижается в два раза, а по второму способу – в 1/3 раза, т.е. коэффициент использования машиной ширины захвата H составляет 1/2 и 2/3. Кроме того, при следующих исходных данных: $H=1.8$ м, $t_{см}=8$ ч, $V_p=36$ ц/га, $q=0.85$ (при однократном проходе машины) и $q=0.94$ (при 2-кратном проходе), а для машины с горизонтально-шпиндельными аппаратами (ГША), установленными на отечественный трактор $q=0.93$, по данным многолетних испытаний машины на УзГЦИТТ $\eta=0.55$ (при традиционной тех-

нологии сбора по ГОСТу 22587-91), $\eta=0.7$ (при повышенной степени раскрытия коробочек) производительность с учетом режимов работы машины МХ-1.8 на основе формулы (10) рассчитывается следующим образом:

- первый проход $W_1=0.36 \cdot 1.8 \cdot 1.17 \cdot 36 \cdot 0.85=23.2$ ц/ч,
- второй проход $W_2=0.36 \cdot 1.8 \cdot 1.53 \cdot 36 \cdot 0.09=3.2$ ц/ч,
- машины с ГША $W=0.36 \cdot 1.8 \cdot 1.53 \cdot 36 \cdot 0.93=33.19$ ц/ч,

Производительность машины с учетом затрат времени на основной сбор в течение смены по способам:

- традиционный $W=(W_1+W_2) \cdot \eta \cdot \kappa=(23.2+3.2) \cdot 0.55 \cdot 0.5=7.26$ ц/ч,
- НИИМСХ $W=(23.2+3.2) \cdot 0.7 \cdot 1/2=9.24$ ц/ч,
- дробный $W=(23.2+3.2) \cdot 0.7 \cdot 2/3=12.32$ ц/ч,
- ГША $W=33.19 \cdot 0.7=23.23$ ц/ч.

Отсюда видно, что разовый сбор урожая хлопчатника при повышенной степени раскрытия коробочек эффективнее, чем традиционный в 1.27 – 1.7 раза. У дробного способа имеется резерв по изменению рабочей скорости движения хлопкоуборочной машины. Использование горизонтально-шпиндельных аппаратов в конструкции отечественной хлопкоуборочной машины существенно повышает эффективность машинного сбора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Иофинов С. А. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 1974. С. 87 – 98.
- [2] Хайдаров А. Вопросы эксплуатации хлопкоуборочных машин: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1960. – 23 с.
- [3] Усманходжаев Х. Х. Теория механизмов и производительность хлопкоуборочных машин. Ташкент: Фан, 1990. – 116 с.
- [4] Юлдашев Ш. У. и др. Моделирование и расчет производительности хлопкоуборочных машин // Тракторы и сельхозмашины. М., 2010. № 2. С. 35 – 38.
- [5] Сайфи Э. Х., Азизов М. М. Критерии производительности хлопкоуборочных машин // Ж. "Механизация хлопководства". Ташкент, 1991. № 10. С. 7 – 8.
- [6] Матчанов Р. Д. Некоторые вопросы разработки современной сельскохозяйственной техники // Проблемы механики. 2015. № 1. С. 77 – 81.
- [7] Сабликов М. В. Исследование шпиндельных аппаратов хлопкоуборочных машин. Ташкент: Узгосиздат, 1959. – 184 с.
- [8] Файзиев И. Х. Аналитические выражения для определения мгновенного центра вращения шпинделя и барабана // Сб. статей "Результаты некоторых исследований в области энергетики, автоматизации, механики и горного дела" / Отв. ред. Хамудханов М. Ташкент: Фан, 1963. С. 137 – 147.
- [9] Джаббар О. С. О фронтальности шпинделя хлопкоуборочных машин вертикально шпиндельного типа // Сб. Хлопкоуборочные машины. Теория и расчет. Ташкент: Фан, 1968. С. 110 – 115.
- [10] Ризаев А. А., Омонов Н. К расчету количества шпинделей на барабанах хлопкоуборочного аппарата // Проблемы механики. Ташкент. 2018. № 2. С. 106 – 110.
- [11] Матчанов Р. Д., Ризаев А. А. Пахта териш машинасининг иш унумини териш аппарати иш режимларига боғланиши // "Қишлоқ хўжалигида ресурс тежовчи инновацион технология ва техник воситаларни яратиш ҳамда улардан самарали фойдаланиш истиқболлари" республика илмий-техник анжумани мақолалар тўплами. Қарши, 2019. 276 – 278 б.
- [12] Кулдашев Д. А. Пахта териш машинасининг иш унуми ва агротехник кўрсаткичларини баҳолаш моделларини такомиллаштириш: Тех. фан. бўйича фалсафа доктори. (PhD) дисс. автореф. Ташкент, 2019. – 40 б.
- [13] Шполянский Д. М. Технологические основы параметров рабочих органов и схем хлопкоуборочных машин. Ташкент: Мехнат, 1985. – 256 б.

Институт механики и сейсмостойкости сооружений
им. М.Т. Уразбаева АН РУз

Дата поступления
08.07.2019

А.А. Ризаев, А.Т. Ёўлдашев, Д.А. Кулдашев. Пахта териш машинасининг иш унумини ҳисоблашнинг ўзига хослиги

Мақолада вертикал-шпинделли пахта териш машинасининг иш унумини ҳисоблашда машина тезлиги билан териш аппаратидаги кинематик боғланишлар, шпинделлар фаоллиги ва унинг очилган пахта қўсаги томон жойлашганлигини эътиборга олиб, ҳисоблаш усули ёритилган.

A.A. Rizayev, A.T. Yuldashev, D.A. Kuldashv. Features of calculation of capacity of the mechanical cotton picker
The method of calculation of capacity of the vertically spindle mechanical cotton picker taking into account of kinematic parameters of the harvest device, activity and a frontality of arrangement of an active surface of a spindle in the working chamber is developed in this article.

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ

В [1] предложены методы определения прочности хлопчатобумажной пряжи, основанные на физически нелинейном законе деформирования пряжи при растяжении до обрыва.

Рассмотрим сопоставительный анализ результатов расчета прочности по предложенным двум методам определения и оценки прочности хлопчатобумажной пряжи, учитывающим скорость деформирования.

Первый метод основан на самом уравнении физически нелинейной модели растяжения пряжи до обрыва в виде [1]

$$\frac{d\sigma}{E_D(\varepsilon)dt} + \mu(\varepsilon) \frac{\sigma}{E_S(\varepsilon)} = \frac{d\varepsilon}{dt} + \mu(\varepsilon)\varepsilon, \quad (1)$$

где σ – продольное напряжение; ε – продольная деформация; t – время; $E_D(\varepsilon)$ – функция модуля динамического растяжения; $E_S(\varepsilon)$ – функция модуля статического растяжения; $\mu(\varepsilon)$ – переменная функция параметра объемной вязкости хлопчатобумажной пряжи.

В [1] приведены методы определения $E_D(\varepsilon)$, $E_S(\varepsilon)$ и $\mu(\varepsilon)$ из результатов экспериментов.

Уравнение (1) позволяет определить продольное напряжение пряжи, если известна функция изменения деформации $\varepsilon(t)$. В экспериментах по испытанию пряжи на прочность обычно скорость деформирования приблизительно постоянная, поэтому для простоты считаем, что деформирование пряжи при растяжении изменяется по линейному закону

$$\varepsilon = v_\varepsilon t, \quad v_\varepsilon = \varepsilon_k / t_k, \quad 0 \leq t \leq t_k, \quad (2)$$

где v_ε – скорость деформирования; ε_k – критическое значение деформации, при котором обрывается пряжа; t_k – критическое время обрыва.

Как показывают результаты экспериментов [1], значения ε_k и t_k можно считать постоянными для пряж с одинаковой линейной плотностью T .

Определяя значение деформации по формуле (2) из уравнения (1), находим напряжение, используя метод конечных разностей, в диапазоне $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_k$ при $0 \leq t \leq t_k$. В момент обрыва пряжи при $t=t_k$ и $\varepsilon=\varepsilon_k$ значение напряжения $\sigma=\sigma_k$ характеризует прочность пряжи при растяжении [1]. Далее, согласно переходной формуле $P_k=\sigma_k/15$ [1], определяется удельная прочность пряжи, полученной из хлопковых волокон.

Определение удельной прочности по уравнению (1) требует использования специально разработанной программы для ЭВМ. Это обстоятельство не всегда удобно для проектировщиков текстильных пряж, поэтому в [1] была предложена формула, полученная из уравнения (1), для определения удельной прочности пряжи в виде

$$P_k = \frac{E_{Sk}}{15} (v_\varepsilon + \mu_k \varepsilon_k) \frac{1 - \exp(-\mu_k \gamma_k t_k)}{\mu_k}, \quad (3)$$

где P_k – удельная прочность пряжи, сН/текс; E_{Sk} , μ_k , $\gamma_k=E_{Dk}/E_{Sk}$ – значения параметров E_S , μ , γ при $\varepsilon=\varepsilon_k$, определяемые из результатов экспериментов [1]. Для получения (3) из (1) считается, что при $\varepsilon=\varepsilon_k$ все параметры, входящие в уравнение (1), кроме напряжения $\sigma=\sigma_k$, известны. Значение σ_k и соответственно P_k в этом случае определяются для одной точки $t=t_k$ и $\varepsilon=\varepsilon_k$ на диаграмме $\sigma(\varepsilon)$. Скорость деформирования v_ε также считается известной при $t=t_k$. В отличие от уравнения (1) в случае соотношения (3) траектория нагружения по кривой $\sigma(\varepsilon)$ не учитывается.

Рассмотрим результаты расчетов удельной прочности хлопчатобумажной пряжи по уравнениям (1) и (3), характеристики которой описаны в [1].

Значения параметров соотношений (1) и (3) определялись из эмпирических формул, предложенных на основе анализа результатов экспериментов по растяжению пряжи до обрыва (таблица).

**Формулы для определения значений параметров изменения модуля деформации
в зависимости от линейных плотностей пряжи ($T_S=50.0$ текс и $\varepsilon_N=0$)**

№ п/п	Предложенная формула	Коэффициенты формулы и их значения	
1.	$E_N = E_{Nk} (T/T_S)^{\chi_1}$	$E_{Nk}=2872.94$ МПа	$\chi_1=-0.302174$
2.	$E_e = E_{ek} (T/T_S)^{\chi_2}$	$E_{ek}=1274.765$ МПа	$\chi_2=-0.544665$
3.	$E_m = E_{mk} (T/T_S)^{\chi_3}$	$E_{mk}=2705.089$ МПа	$\chi_3=-0.202455$
4.	$E_c = E_{ck} (T/T_S)^{\chi_4}$	$E_{ck}=2579.042$ МПа	$\chi_4=-0.141952$
5.	$E_k = E_{kk} (T/T_S)^{\chi_5}$	$E_{kk}=2222.35$ МПа	$\chi_5=-0.365873$
6.	$\varepsilon_e = a_e + b_e T$	$a_e=0.000321$	$b_e=0.000034$ текс ⁻¹
7.	$\varepsilon_m = a_m + b_m T$	$a_m=0.006054$	$b_m=0.000125$ текс ⁻¹
8.	$\varepsilon_c = a_c + b_c T$	$a_c=0.022211$	$b_c=0.000235$ текс ⁻¹
9.	$\varepsilon_k = a_k + b_k T$	$a_k=0.056204$	$b_k=0.000453$ текс ⁻¹
10.	$t_k = a_{tk} + b_{tk} T$	$a_{tk}=3.578985$ с	$b_{tk}=0.024199$ с/текс

В таблице E_N , E_e , E_c , E_k , ε_e , ε_m , ε_c , ε_k и t_k – экстремальные параметры изменения функции $E_S(\varepsilon)$, которая является существенно нелинейной [1]. Между точками $(\varepsilon_N E_N)$, $(\varepsilon_e E_e)$, $(\varepsilon_m E_m)$, $(\varepsilon_c E_c)$ и $(\varepsilon_k E_k)$ значения функции $E_S(\varepsilon)$ в плоскости $E_S \varepsilon$ определяем по аппроксимационным формулам

$$E_{Si}(\varepsilon) = E_a \exp(\beta_{ab} I_{Si}) , \quad (4)$$

$$\beta_{ab} = \ln(E_b/E_a) , \quad (5)$$

$$I_{Si} = (\varepsilon - \varepsilon_a)/(\varepsilon_b - \varepsilon_a) , \quad (6)$$

где E_{Si} – значение E_S для точки i на интервале $[ab]$, параметры с индексом a относятся к начальной (первой) точке, а с индексом b – к последней точке; β_{ab} – безразмерный коэффициент; I_{Si} – параметр, характеризующий структурное изменение в пряже при ее растяжении.

В формулах (4) – (6) E_a , E_b , ε_a , ε_b последовательно принимают значение параметров E и ε , приведенных в таблице.

Значение функции динамического модуля $E_D(\varepsilon)$ определяется из соотношения

$$\gamma_i = E_{Di}(\varepsilon_i)/E_{Si}(\varepsilon_i) > 1 \quad (7)$$

при каждом значении $\varepsilon=\varepsilon_i$. Диапазон изменения γ для хлопчатобумажной пряжи составляет $1.1 \leq \gamma \leq 4$ [1].

Функция $\mu(\varepsilon)$, согласно [1], определяется по формулам

$$\mu(\varepsilon) = \mu_N \exp(-\alpha \varepsilon/\varepsilon_k) , \quad (8)$$

$$\alpha = \ln(\mu_N/\mu_k) , \quad (9)$$

где μ_N и μ_k – начальное значение μ соответственно для недеформированной пряжи и для пряжи в момент обрыва при $\varepsilon = \varepsilon_k$. Согласно [1], $\mu_N=100$ с⁻¹ и $\mu_k=1$ с⁻¹.

Используя формулы (2), (4) – (9) и таблицу, по уравнениям (1) и (3) определяем удельную прочность хлопчатобумажной пряжи при различных значениях линейной плотности. Отметим, что для определения удельной прочности пряжи по формуле (3) необходимы значения E_{Sk} , μ_k , ε_k , t_k , которые определяются в зависимости от значения линейной плотности пряжи по соответствующим формулам, приведенным в таблице, и принимаются значения $\nu_\varepsilon = 0.015$ с⁻¹ и $\gamma_k=4$.

При определении удельной прочности пряжи по уравнению (1) используются все соотношения, приведенные в таблице, а также уравнения (2), (4) – (9), и здесь большой объем вычислений осуществляется на ЭВМ. Очевидно, определение удельной прочности пряжи по уравнению (3) (деформационный метод) существенно проще, чем по уравнению (1) (нелинейный метод).

Результаты расчетов приведены на рис. 1.

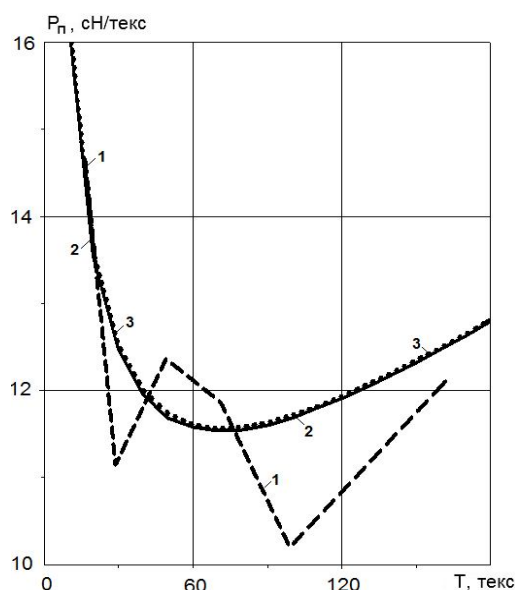


Рис. 1. Изменение удельной прочности пряжи в зависимости от ее линейной плотности: 1 – эксперимент; 2 – нелинейная модель; 3 – деформационный метод

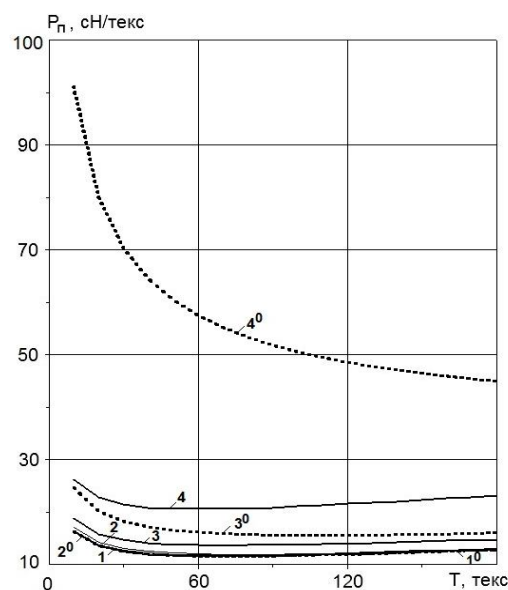


Рис. 2. Изменение удельной прочности пряжи при различных скоростях деформирования: 1 – $d\epsilon/dt=0.015895 \text{ c}^{-1}$; 2 – $d\epsilon/dt=0.15895 \text{ c}^{-1}$; 3 – $d\epsilon/dt=1.5895 \text{ c}^{-1}$; 4 – $d\epsilon/dt=15.895 \text{ c}^{-1}$

Здесь кривая 1 относится к результатам экспериментов [1], кривая 2 получена на основе уравнения (1) по нелинейному методу, а кривая 3 – по деформационному методу (уравнение (3)). В этом случае, когда $v_\epsilon = 0.015 \text{ c}^{-1}$, результаты по уравнениям (1) и (3) полностью совпадают. Это показывает, что уравнение (3), т.е. деформационный метод, также является приемлемым для оценки прочности пряжи. Кривые 2 и 3 в целом совпадают с экспериментом (см. рис. 1, кривая 1). При значениях линейной плотности пряжи $T=10-20$ текс совпадение результатов расчетов с опытными данными хорошее. Далее с увеличением линейной плотности пряжи отклонение результатов расчетов от эксперимента увеличивается и доходит до 10–20 %, что является удовлетворительным для хлопчатобумажных праж [1]. Как видно из рис. 1, расчетные кривые 2 и 3 соответствуют осредненному значению экспериментальной кривой 1.

Дальнейшие результаты расчетов показали, что такого совпадения кривых 2 и 3 (см. рис. 1) с повышением скорости деформирования не происходит.

Изменения прочности пряжи при различных значениях скорости деформирования рассмотрены по результатам расчетов, приведенным на рис. 2. Расчеты проводились по деформационному методу (3) и по нелинейной модели (1) при скоростях деформирования $d\epsilon/dt=0.015895$; 0.15895 ; 1.5895 ; 15.895 c^{-1} (см. рис. 2, кривые 1–4).

Штриховые кривые 1^0-4^0 относятся к деформационному методу, а сплошные кривые 1–4 – к численным расчетам по нелинейной модели. Как видно из рис. 2, при низких скоростях деформирования, когда $d\epsilon/dt=0.015895$ и 0.15895 c^{-1} (кривые 1, 2), результаты расчетов по обоим методам практически не отличаются. При достаточной высокой скорости деформирования $d\epsilon/dt=1.5895 \text{ c}^{-1}$ результаты рассматриваемых методов начинают расходиться (кривые 3^0 и 3). Прочность, прогнозируемая деформационным методом (кривая 3^0), примерно в 1.5–2 раза выше, чем по нелинейной модели (кривая 3). Дальнейшее увеличение скорости деформирования на порядок ($d\epsilon/dt=15.895 \text{ c}^{-1}$) существенно увеличивает эту разницу (кривые 4^0 и 4). В этом случае по деформационному методу прочность в 4–5 раз больше, чем по нелинейной модели.

Эти результаты показывают, что на значение прочности влияет траектория нагружения или ход кривой диаграммы $\sigma(\epsilon)$. По нелинейной модели при численном расчете значение критической нагрузки, при которой происходит обрыв пряжи, достигается постепенно, при изменении деформации по времени $\epsilon(t)$ согласно (2). В случае деформационного метода значение критической нагрузки вычисляется сразу для одной точки $\epsilon=\epsilon_k$ на диаграмме $\sigma(\epsilon)$.

Правильность результатов этих двух методов необходимо проверить из экспериментов. В настоящее время такие опыты отсутствуют. Нет также экспериментов по растяжению пряж при высоких скоростях деформирования, однако, есть основание считать, что результаты по нелинейной модели являются более достоверными, потому что влияние истории нагружения на напряженно-деформированное состояние общеизвестно [2, 3]. Отсюда следует, что деформационный метод можно использовать для определения, оценки и прогноза прочности пряжи при скоростях деформирования $d\varepsilon/dt < 1 \text{ с}^{-1}$.

Таким образом, многочисленные эмпирические, теоретико-эмпирические и аналитические методы определения, оценки и прогноза прочности пряжи, рассмотренные в [1], не учитывают влияния на прочностные характеристики пряжи скорости деформирования или скорости приложения растягивающей динамической нагрузки. Экспериментальные исследования влияния скорости деформирования на прочность пряжи в настоящее время отсутствуют, поэтому вопросы влияния скорости деформирования и других, связанных с ней факторов на прочность пряжи рекомендуется определить теоретически с использованием нелинейного и деформационного методов, рассмотренных ранее.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Султанов К.С., Исмоилова С.И. Структурная прочность текстильных нитей. Ташкент: Фан, 2017. – 256 с.
- [2] Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. М.: Высшая школа, 1976. – 277 с.
- [3] Работнов Ю.Н. Элементы наследственной механики твердых тел. М.: Наука, 1977. – 384 с.

Институт механики и сейсмостойкости сооружений
им. М.Т. Уразбаева АН РУз

Дата поступления
15.05.2019

К.С. Султанов, С.И. Исмоилова, Ш.Э. Туланов. Пахта ипининг мустаҳкамлигида унинг деформацияланиш тезлигини таъсири

Мақолада пахта ипининг мустаҳкамлиги унинг деформацияланиш тезлигини ҳисобга олувчи ҳар хил усуллар орқали ҳисобланган. Ҳисоб-китоблар натижалари ўзаро таққосланиб, уларнинг таҳлили асосида қўрилган усулларнинг афзалликлари ва камчиликлари кўрсатилган.

K.S. Sultanov, S.I. Ismoilova, Sh.E. Tulanov. Effect of strain rate on cotton yarn strength

Results of calculations of cotton yarn strength are given in the paper by various methods, taking into account the strain rate and comparative analysis. The advantages and disadvantages of the considered methods are shown.

УЎК 631.023

М. ТОШБОЛТАЕВ, Р. ХУДАЙКУЛИЕВ, Х. СОЛИЕВ

САККИЗ ҚАТОРЛИ КУЛЬТИВАТОР БИЛАН РАЦИОНАЛ АГРЕГАТЛАНАДИГАН ТРАКТОР РУСУМИНИ ТАНЛАШ АЛГОРИТМИ

Машина-трактор паркини ишлатиш фанига доир адабиётларда [1 – 5] янгидан ишлаб чиқарилган кишлок хўжалиги машиналари, шу жумладан культиваторлар учун муайян қувватга ва оғирликка эга бўлган трактор танлаш масаласи методик жиҳатдан тартибга солинмаган. Кубан давлат аграр университети ўқитувчилари томонидан ёзилган ўқув қўлланмаси бу бўшлиқни муайян даражада тўлдиради [6]. Биз ундан фойдаланиб республика машина-трактор паркида мавжуд бўлган Кейс-2240 русумли культиваторга мос трактор танлашнинг назарий-ҳисобий алгоритмини ишлаб чиқдик.

Масалани қўйилиши. Кейс – 2240 русумли саккиз қаторли культиватор билан агрегатлаш учун шундай трактор русуми танлансинки, токи бунда двигател қувватидан фойдаланиш (η_{ϕ} – тракторнинг тортиш қувватидан фойдаланиш, η_t – тракторнинг тортишдаги фойдали иши; $\eta_t^{\max}$ – тракторнинг тортишдаги юзага келиши мумкин бўлган максимал фойдали иши ва η_{ϕ} – трактор двигателининг юкланиш) коэффициентларининг қийматлари максимумга яқинлашсин.

Масаланинг шартлари. Кейс – 2240 культиватори бўйича: эксплуатацион массаси $m_k=1800 \text{ кг}$; эксплуатацион оғирлиги $G_k=m_k g=1800 \cdot 9.81=17600 \text{ Н}=17.6 \text{ кН}$ [7], культиватор битта

секциясининг тортишга қаршилиқ кучининг ўртача қиймати $K_c=337.41$ кгк=3310 Н=3.31 кН [8]; ишчи тезликларнинг ўзгариш диапазони ($V_{\min} \dots V_{\max}$)=(4 ... 6) км/соат [9].

Танланадиган трактор бўйича: ғилдирак формуласи 4К4; дала сатҳининг қиялиги $i = 5\%$; трактор ғилдиракларининг тупроқ билан илашиш коэффициенти $\mu=0.75$; ғилдиракларнинг думалашга қаршилиқ коэффициенти $f=0.20$; трактор эксплуатацион оғирлигининг ғилдиракларга тўғри келадиган улуши $\lambda=1$; трансмиссиянинг механик фойдали иш коэффициенти $\eta_{mp}=0.9$; ғилдиракларнинг рухсат этилган шатакшираш коэффициенти $\delta=15\%$.

Масалани ечиш алгоритми.

Таянч ғилдиракларида ҳаракатланадиган саккиз қаторли Кейс – 2240 культиваторининг тортишга қаршилиқ кучи:

$$R_{az} = 8 \cdot K_c + G_k \left(f + \frac{i}{100} \right) = 8 \cdot 3.31 + 17.6(0.2 + 0.05) = 26.48 + 4.4 = 30.88 \text{ кН.}$$

Тракторни бундай тортишга қаршилиқни енгишга сарфлайдиган қувват диапазони:

$$(N_{az}^{\min} \dots N_{az}^{\max}) = \frac{R_{az}(V_{\min} \dots V_{\max})}{3.6} = \frac{30.88(4 \dots 6)}{3.6} = 8.57(4 \dots 6) = (34.28 \dots 51.42) \text{ кВт.}$$

Трактор эффектив қувватининг ўзгариш диапазони:

$$(N_e^{\min} \dots N_e^{\max}) = \frac{(N_{az}^{\min} \dots N_{az}^{\max})}{\eta_{tr} \left(1 - \frac{\delta}{100} - \frac{f + \frac{i}{100}}{\lambda \mu} \right)} = \frac{(34.28 \dots 51.42)}{0.9 \left(1 - \frac{15}{100} - \frac{0.2 + \frac{5}{100}}{1 \cdot 0.75} \right)} =$$

$$= \frac{(34.28 \dots 51.42)}{0.468} = (73.24 \dots 109.86), \text{ кВт.}$$

Трактор эксплуатацион оғирлигининг ўзгариш диапазони:

$$(G_{\min} \dots G_{\max}) = \frac{3.6(N_e^{\min} \dots N_e^{\max})\eta_{tr}}{(V_{\min} \dots V_{\max})\lambda\mu} = \frac{3.6(73.24 \dots 109.86)0.9}{(4 \dots 6) \cdot 1 \cdot 0.75} =$$

$$= \frac{(237.29 \dots 355.93)}{(3 \dots 4.5)} = \left(\frac{237.29}{4.5} \dots \frac{355.93}{3} \right) = (52.731 \dots 118.643), \text{ кН.}$$

Трактор эксплуатацион массасининг ўзгариш диапазони:

$$(m_T^{\min} \dots m_T^{\max}) = \left(\frac{52731}{9.81} \dots \frac{118643}{9.81} \right) = (5375 \dots 12094), \text{ кг.}$$

Ҳисоб – китобларда аниқланган $(N_e^{\min} \dots N_e^{\max}) = (73.24 \dots 109.86), \text{ кВт}$ ва $(m_T^{\min} \dots m_T^{\max}) = (5375 \dots 12094), \text{ кг}$ қийматларга [9] адабиётнинг 159–бетигадаги жадвалда келтирилган, двигателининг номинал эффектив қуввати $N_e^H = 106 \text{ кВт}$ ва эксплуатацион массаси $m_m = 5450 \text{ кг}$ бўлган 4К4 формулалари МХМ-140 русумли трактор мос келади. МХМ-140 русумли тракторнинг эксплуатацион оғирлиги: $G_m = m_m g = 5450 \cdot 9.81 = 53464 \text{ Н} = 53.464 \text{ кН}$.

Трактор илмоғидаги қувват максимум қийматга эришадиган ҳаракат тезлиги [6]:

$$V_{N_{ul}^{\max}} = 3.6 \frac{N_e^H \eta_{mp}}{G_m \lambda \mu} = 3.6 \frac{106 \cdot 0.9}{53.46 \cdot 1 \cdot 0.75} = 8.56 \text{ км/соат.}$$

Кўриниб турибдики, тезликнинг ҳисобий қиймати $V_{N_{ul}^{\max}} = 8.56 \text{ км/соат}$ ишчи тезликларнинг жоиз ($V_{\min} \dots V_{\max}$)=(4...6) км/соат диапазонидан ташқарида ётади, яъни ($V_{\min} \dots V_{\max}$)=(4...6) км/соат $< V_{N_{ul}^{\max}} = 8.56 \text{ км/соат}$. Бу ҳолда [6] адабиётда келтирилган тавсияга кўра трактор илмоғидаги мак-

симал $N_{ул}^{\mu \max}$ қувватга агротехник талаблар бўйича максимал $V_{\max}=6$ км/соат тезликда эришилади:

$$N_{ул}^{\mu \max} = \frac{G_m V_{\max} \left[\lambda \mu - \left(f + \frac{i}{100} \right) \right]}{3.6} - N_e^{\eta_{mp}} \frac{\delta}{100} = \frac{53.46 \cdot 6 [1 \cdot 0.75 - (0.2 + 0.05)]}{3.6} - 106 \cdot 0.9 \cdot 0.15 = 44.55 - 14.31 = 30.24 \text{ кВт.}$$

Агрегатдаги рационал тезликнинг қиймати:

$$V_{рац} = \frac{R_{аз} + 3.6 N_e^{\eta_{тр}} \frac{\delta}{100}}{G_t \left[\lambda \mu - \left(f + \frac{i}{100} \right) \right]} = \frac{30.88 + 3.6 \cdot 106 \cdot 0.9 \cdot 0.15}{53.464 [1 \cdot 0.75 - (0.2 + 0.005)]} = \frac{30.88 + 51.51}{26.73} = \frac{82.39}{26.73} = 3.08, \text{ км/соат.}$$

Агрегатни рационал ($V_{рац}=3.08$, км/соат) тезликда $R_{аз}=30.88$ кН қаршиликни енгишга сарфлайдиган қуввати:

$$N_{аз} = \frac{R_{аз} V_{рац}}{3.6} = \frac{30.88 \cdot 3.08}{3.6} = 26.4 \text{ кВт.}$$

Берилган дала шароити ва иш режимларида трактор двигатели сарфлайдиган эффектив қувват қиймати:

$$N_e = \frac{V_{рац}}{3.6} = \left\{ R_{аз} \left[2 - \eta_{mp} \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) \right] + G_m \left(f + \frac{i}{100} \right) \right\} = \frac{3.08}{3.6} \{ 30.88 [2 - 0.9(1 - 0.15)] + 53.46(0.2 + 0.05) \} = 0.855(30.88 \cdot 1.235 + 53.46 \cdot 0.25) = 0.855(38.136 + 13.365) = 44.03 \text{ кВт.}$$

Тракторнинг тортиш қувватидан фойдаланиш коэффициенти:

$$\eta_{\phi} = \frac{N_{аз}}{N_{ул}^{\mu \max}} = \frac{26.40}{30.24} = 0.87 \text{ ёки } 87 \%.$$

Тракторнинг тортишдаги ФИК:

$$\eta_m = \frac{N_{аз}}{N_e^{\eta}} = \frac{26.40}{106} = 0.25.$$

Тракторнинг тортишдаги юзага келиши мумкин бўлган максимал ФИК:

$$\eta_m^{\max} = \frac{N_{ул}^{\mu \max}}{N_e^{\eta}} = \frac{30.24}{106} = 0.28.$$

Трактор двигателининг юкланиш коэффициенти:

$$\eta_{ю} = \frac{N_e}{N_e^{\eta}} = \frac{44.03}{106} = 0.41 \text{ ёки } 41\%.$$

Юкланиш коэффициентининг бундай кичик коэффициенти культиваторнинг $B_{аз}=7.2$ м қамров кенлиги учун ўринлидир. Демак, культиваторнинг қамров кенлигини ошириш, яъни B_{opt} қийматини танлаш лозимдир [6]:

$$B_{opt} = \frac{N_{ул}^{\mu \max}}{N_c},$$

бунда N_c – агрегатнинг бир бирлик қамров кенлигига тўғри келувчи солиштира қувват, кВт/м.

Таянч гилдиракларига эга бўлган Кейс – 2240 культиватор учун N_c :

$$N_c = \frac{V_{opt}}{3.6} \left[K_m + q_m \left(f + \frac{i}{100} \right) \right],$$

бунда K_m – культиваторнинг бир бирлик қамров кенглигига тўғри келувчи солиштирма қаршилик кучи, кН/м; q_m – бир бирлик қамров кенглигига тўғри келувчи солиштирма оғирлик, кН/м.

Масала шартларидан:

$$K_m = \frac{8K_c}{B_{ac}} = \frac{8 \cdot 3.31}{7.2} = \frac{26.48}{7.2} = 3.677 \frac{\text{кН}}{\text{м}}; \quad q_m = \frac{G_k}{B_{ac}} = \frac{17.6}{7.2} = 2.44 \frac{\text{кН}}{\text{м}}.$$

Оптималлаштириш мосламаси ечилгунга қадар $V_{opt}=V_{рац}=3.08$ км/соат деб қабул қиламиз.

Бу катталикларни юқоридаги формулага қўйсак,

$$N_c = \frac{3.08}{3.6} [3.677 + 2.44(0.2 + 0.05)] = \frac{3.08}{3.6} (3.677 + 0.610) = 3.66 \text{ кВт/м}.$$

Агрегатнинг қидириладиган рационал қамров кенглиги [6]:

$$B_{рац} = \frac{N_{ил}^{\mu \max}}{N_c} = \frac{30.24}{3.66} = 8.26 \text{ м}.$$

Культиватордаги секциялар сони n та, қатор орасининг кенглиги $M=0.9$ м бўлса, $B_{рац}=n \cdot M$. Бундан $n=B_{рац}/M=8.26/0.9=9.17$; $n=9$ деб олсак, $B_{рац}=9 \cdot 0.9=8.1$ м.

Шундай қилиб, МХМ-140 трактор ва Кейс – 2240 саккиз қаторли культиватордан иборат чопиқ агрегатида $\eta_{\phi}=0.87 \rightarrow 1$; $\eta_m=0.25 \rightarrow \eta_t^{\max}=0.28$; $\eta_{ю}=0.41 < 0.5$.

МХМ-140 тракторининг қувватидан тўлароқ фойдаланиш учун Кейс – 2240 культиваторида секциялар сонини $n=9$ тага, қамров кенглигини $B_{рац}=8.1$ метрга етказиш лозим.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Зангиев А.А., Шпилько А.В., Левшин А.Г. Эксплуатация машинно-тракторного парка. М.: Колос, 2004. – 320 с.
- [2] Диденко Н.К. Эксплуатация машинно-тракторного парка. Киев: Вища школа, 1977. – 392 с.
- [3] Полканов И.П. Теория и расчет машинно-тракторных агрегатов. М.: Машиностроение, 1964. – 255 с.
- [4] Бычков Н.И. Резервы высокопроизводительного использования машинно-тракторных агрегатов. М.: ВНИИТЭИСХ, 1983. – 64 с.
- [5] Шаров Н.М. Пути повышения производительности почвообрабатывающих агрегатов // Техника в сельском хозяйстве. М., 1980. №6. С. 43 – 44.
- [6] Карабаницкий А.П., Чеботарев М.И. Комплектование энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов. Учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2012. – 97 с.
- [7] <https://www.caseih.com/apac/ru-ru/products/tillage>.
- [8] Адылов Х. Исследование параметров и схем расстановки рабочих органов культиватора на междурядной обработке посевов хлопчатника: Дис. ... канд. техн. наук. Янгйюль: САИМЭ, 1986. – 182 с.
- [9] Пахтачилик ва ғаллачилик машиналарини ростлаш ва самарали ишлатиш: қўлланма (тузатилган, тўлдирилган 2-нашри) / Масъул муҳаррир Тошболтаев М. Тошкент: Фан, 2012. – 200 б.

ЎзР ФА М.Т.Ўрозбоев номидаги
Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти

17.04.2019 й.
қабул қилинган

М. Тошболтаев, Р. Ҳудайкулиев, Х. Солиев. Алгоритм выбора модели трактора для рационального агрегатирования восьмьюрядным культиватором

Предложен научно-методический алгоритм выбора конкретной модели трактора для агрегатирования с восьмьюрядным культиватором Кейс-2240. По результатам расчета выбран трактор МХМ-140.

M. Toshboltaev, R. Hudaykuliev, H. Soliev. Algorithm for choosing a tractor model for rational aggregation of eight-row cultivators

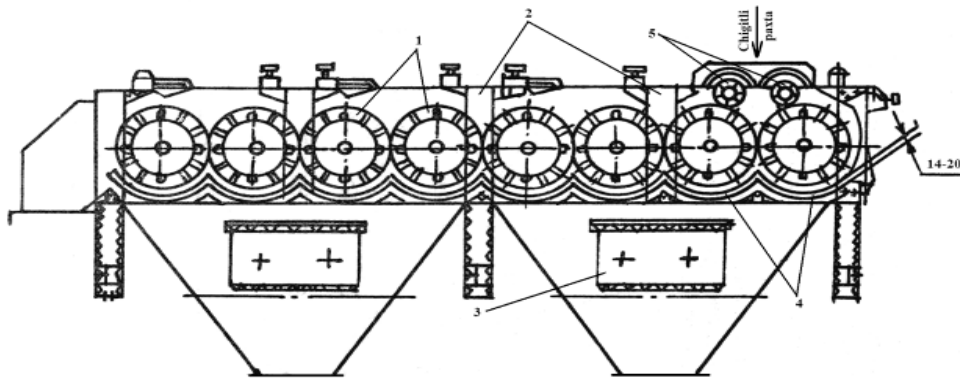
A scientific and methodological algorithm for selecting a specific tractor model for aggregation with an eight-row cultivator Case-2240 is proposed. According to the results of the calculation, the tractor MXM-140 was selected.

ТОЗАЛАШ ЖАРАЁНИДА ҚОЗИҚЧАЛИ БАРАБАНЛАРНИ ПАХТАНИНГ ТАБИЙ ХУСУСИЯТЛАРИГА ТАЪСИРИНИНГ НАЗАРИЙ ТАҲЛИЛИ

Жаҳон пахта тозалаш саноатида юқори самарадорликка эга технологик жараёнларга асосланган пахта хомашёсини ифлосликлардан тозалаш тизимларини яратиш етакчи ўринни эгаллайди. Бу борада АҚШ, Австралия, Хитой, Ҳиндистон, Ўзбекистон ва бошқа давлатларда маълум ютуқларга эришилган бўлиб, пахта тозалаш саноати соҳаси ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш, технологик жараёнларни такомиллаштириш ва тола рақобатбардошлигини таъминлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Пахта хомашёсини майда ва йирик ифлосликлардан тозалаш технологиясини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий изланишлар жаҳоннинг етакчи илмий марказлари ва олий таълим муассасалари, жумладан, U.S.Department of agriculture, Lummus, USDA Ginning Cotton Research Unit, USDA Agricultural Research Service, Texas Tech University, Samuel Jakson Incorporated (АҚШ), Cotton research and development corporation (Австралия), Central Institute for Research on Cotton Technology, Bajaj Steel Industries Limited (Ҳиндистон), National Research Center for cotton processing engineering and technology, China Cotton Industries Limited, Shandong Swan Cotton Industrial Machinery Stock, Handan Golden Lion, Cotton Research Institute of Nanjing Agricultural University Lebed (Хитой), Pakistan Cotton Standards Institute, National Textile University Faisalabad (Покистон), Busa Indústria e Comércio de Máquinas Agrícolas Limited (Бразилия), Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти, «Paxtasanoat ilmiy markazi» акциядорлик жамиятида (Ўзбекистон) кенг қамровли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда [1].

Пахта хомашёсини майда ифлосликлардан тозалаш техника ва технологияларини такомиллаштиришга оид Ўзбекистонда олиб борилган тадқиқотлар натижасида бир қатор, жумладан, СЧ-02, 1ХК (1-расм) ва УХК русумли агрегатлар яратилган.

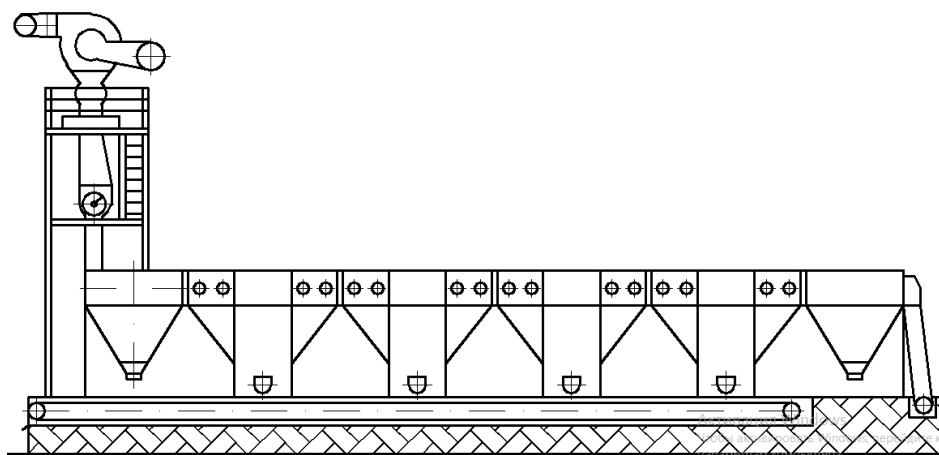


1-расм. 1ХК майда ифлосликлардан тозаловчи машина схемаси: 1 – ЕН-178 қозикчали барабанлар блоки; 2 – устунлар; 3 – ифлослик бункери; 4 – тўрли юза; 5 – таъминловчи валикдир

Тозалаш жараёнида чигитли пахта бўлақларининг максимал эркинлик даражасини таъминлаш учун айланиш моментини таъсири ижобий аҳамиятга эга, лекин ўша вақтидаги айланиш сонининг ошиши тугунчалар ва эшилган толаларнинг кўпайишига, оқибатда эса бу “юмшоқ” нуқсонларнинг ҳосил бўлишига олиб келади. Комбинациялашган қозикли-планкали тозалагичда ҳар икки қозикли қаторлар орасида барабан бўйлаб планкалар жойлашган бўлади. Барабанлардаги планкалар қатори ҳаво оқимини ҳосил қилади ҳамда бу чигитли пахта бўлақларидан ажралган майда ифлосликларни тўрли юзадан чиқиб кетишини таъминлайди.

Бундай тозалагичларда горизонтал кетма-кет қатор бўйича ўрнатилган қозикчали барабанлар (1) ва уларни тагида барабан шакли ва ўлчамига мос букилган тўрли юза (4) жойлашган. Бошланғич иккита қозикчали барабан устида чигитли пахта билан таъминловчи шахта жойлашган бўлиб диаметри 140 мм, орасидаги масофа 10 мм бўлган таъминловчи валиклар (5) ўрнатилган. Валиклар чигитли пахтани бир меъёрда узатиш вазифасини бажаради, ҳар бир

барабанлар секциясининг тагида чигитли пахтадан ажралган ифлосликлар учун йиғувчи бункер (3) жойлашган. Барабанлар сони одатда тозалаш модулида 8 та бўлади [2]. Бу машина оқим линияси (чизиғи) таркибига киради. 2-расмда келтирилган УХК оқим линиясидаги қозикчали-планкали барабанлар сони 24 донагача етиши мумкин. Бу эса ўз навбатида толаларнинг чиқиндиларини кўпайишига олиб келади. Самарқанд вилояти Челак пахта тозалаш корхонасида ўтказилган амалий тадқиқотлар 24 та барабанларнинг охириги секциясидан ажралган майда ифлосликлар таркибида 1.2 % гача тола чиқиндилар борлиги аниқланди. Ўз навбатида бир мавсум давомида чигитли пахтани майда ифлосликлардан тозалаш жараёнида 12 – 14 тоннагача толали маҳсулот йўқотилмоқда.



2-расм. УХК оқим линиясини умумий кўриниши

Қозикчали барабан айланиши натижасида олиб кетаётган пахта оқимидан битта бўлакчасига таъсир қиладиган кучни аниқлаш орқали пахтанинг сифат кўрсаткичларини сақлаб қолиш ва калта тола чиқишини олдини олиш бўйича майда ифлосликлардан ажратиш барабанларининг конструкцион тузилишини ўзгартириш бўйича назарий ва амалий тадқиқотлар натижалари [3] адабиётда келтирилган.

Ҳозирда мавжуд майда ифлосликлардан тозалаш ускунасидаги қозикчали барабаннинг айланишида пахта бўлакчасига таъсири назарий олганда барабаннинг айланиш тезлиги тола бўлакчасини илгарига ҳаракатлантирса, барабаннинг айланиш кучи ҳисобига марказдан қочма куч ҳосил бўлади.

Пахта бўлакчаси билан тўрли юза орасида ишқаланиш кучи айланиш тезлигига тескари йўналишда ҳаракатланади.

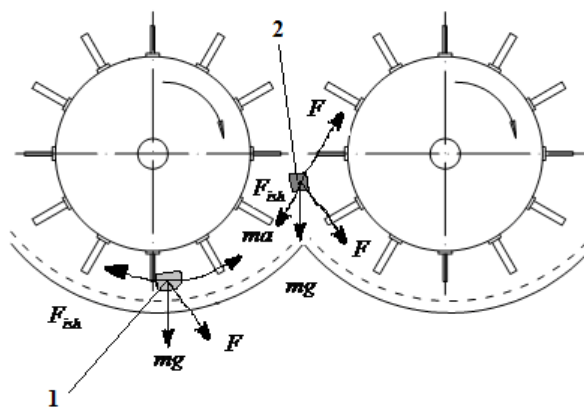
Бунда барабанларнинг айланишлар частотаси 450 айл/мин. Иккита барабан орасидаги масофа $d=420$ мм, барабаннинг радиуси $R=200$ мм, барабаннинг тишлари $l=50$ мм, битта пахта бўлакчасининг массаси $m=6$ г.

Ньютоннинг иккинчи қонунига асосан жисмнинг олган тезланиши қўйилган кучга тўғри, массасига тескари пропорционал бўлади $F=ma$, $[F] = \text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2$.

Барабани қозикчалари айлана бўйлаб текис ҳаракат қиладиган жисм деб олган ҳолда, 1 нуқтадаги пахта бўлакчага таъсир қиладиган кучни назарий аниқласак (3-расм).

R радиусли барабан массаси $m=6$ г бўлган пахта бўлакчасига таъсир этувчи кучни ҳисоблаймиз

Бунинг учун барабаннинг айланиш частотасини ν , барабан радиусини R , барабаннинг чизиқли тезлигини ϑ деб



3-расм. Толали бўлакчага таъсир қиладиган кучлар схемаси

белгилаб оламиз. Барабаннинг чизикли тезлигини куйидаги формула оркали аниқлаймиз.

$$\vartheta = 2\pi\nu R. \quad (1)$$

Маълумки барабаннинг айланиш частотаси куйидаги қийматларга тенг:

$$\nu = 450 \frac{\text{айй}}{\text{мин}} = 450 \frac{\text{айл}}{60\text{с}} = 7.5 \frac{\text{айй}}{\text{с}}; \quad \vartheta = 2 \cdot 3.14 \cdot 7.5 \cdot 0.2 = 9 \text{ м/с}.$$

Барабаннинг чизикли тезлиги 9 м/с га тенглиги топилди.

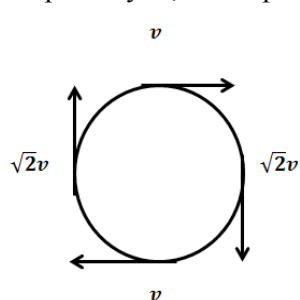
m массали пахта бўлакчасига барабаннинг таъсир кучи ва пахта билан пўлат сетка орасида ҳосил бўлган ишқаланиш кучи таъсир қилади.

Барабан томонидан пахта бўлакчасига таъсир этувчи кучни куйидаги формула оркали аниқланади.

$$F_1 = ma - F_{ish} = ma - \mu mg = m(a - \mu g) = m \left(\frac{\vartheta^2}{R} - \mu g \right) = 6 \cdot 10^{-2} \left(\frac{81}{0.2} - 0.25 \cdot 10 \right) = 2.4 \text{ Н} \quad (2)$$

бу ерда μ – пахта ва пўлат орасидаги ишқаланиш коэффиценти; m – пахта бўлакчасининг массаси; g – эркин тушиш тезланиши, a – пахта бўлакчасининг тезланиши.

Биринчи барабандан ажралгач пахта бўлакчаси иккинчи барабанга келиб урилади, иккинчи барабан қозикчаларига келиб урилиш нуктасида толага куйидаги кучлар таъсир қилади: mg – оғирлик кучи; F – барабан тамонидан таъсир этувчи куч.



Барабаннинг турли нукталаридаги тезликлар куйидагича тақсимланади. Бу тақсимотга асосан пахта кўрилган нуктада тезлик куйидагича бўлади.

Айлана бўйлаб текис ҳаракат қилаётган жисм тезлигининг тақсимоти.

- 1) айлананинг 1/4 қисмида: $\vartheta = \sqrt{2}v$;
- 2) айлананинг 1/2 қисмида: $\vartheta = v$;
- 3) айлананинг 3/4 қисмида: $\vartheta = \sqrt{2}v$;
- 4) айлана тўлиқ айланганда: $\vartheta = v$.

Демак пахтага таъсир этувчи кучлар куйидагича бўлади.

$$F = ma + mg \quad (3)$$

mg -жуда кичик қиймат бўлганлиги учун тенгламани куйидаги кўринишда оламиз.

$$F_2 = m \cdot a = m \cdot \frac{\vartheta_2^2}{R} = \frac{2m\vartheta_1^2}{R} = \frac{6 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 81}{0.2} = 4.8 \text{ Н} \quad (4)$$

Олинган натижалардан хулоса қилиб шуни айтишимиз мумкинки, мавжуд майда ифлосликлардан тозалаш ускунасида битта пахта бўлакчасига жами 7.2 Н куч таъсир қилар экан. Ушбу куч неча маротаба таъсир этса шунча пахта толаларини шикастланиши кўпайиши ҳамда чигитли пахтани тозалаш жараёнида ажралган ифлосликлар таркибидаги калта толалар миқдорини ошишига олиб келади.

Ўрганилган чет эл манбаларида ушбу маълумотлар ўз тасдиғини топди ва АҚШ олимлари Patil P.G., Anar G.R., Arude V.G. [4] ҳамда Carlos B. Armijo, Kevin D. Baker, Sidney E. Hughes, Edward M. Barnes ва Marvis N. [5] томонидан ўтказилган амалий тадқиқотларда чигитли пахтанинг табиий хусусиятларини сақлаш учун механик зарбаларнинг миқдорини камайтирилиши кераклигини таъкидлашган.

Хулоса:

1. Ўтказилган назарий тадқиқотлар натижасида чигитли пахтани табиий хусусиятларини сақлаш учун пахтани майда ифлосликлардан тозалашнинг горизонтал усули кўп жиҳатдан самарасизлиги исботланди.

2. Чигитли пахта бўлакчасига 7.2 Н куч таъсир этса ҳамда ушбу куч қанча кўп маротаба бўлакчага таъсир этса шунча пахта толаларини шикастланиши кўпайишига ва чигитли пахтани

тозалаш жараёнида ажралган ифлосликлар таркибидаги калта толалар микдорини ошишига олиб келади.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Хакимов Ш.Ш. Пахта хомашёсини ифлосликлардан тозалаш жараёни самарали технологиясини ва тозалагичлар ишчи қисмларининг рационал конструкциясини яратиш // Докторлик диссертацияси автореферати. Тошкент, 2017. – 43 б.
- [2] Мирошниченко Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. М.: Машиностроение, 1972. – 143 б.
- [3] Лугачев А.Е. Исследование основных элементов очистителей хлопка-сырца с целью повышения качественных показателей процесса: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1981. – 30 с.
- [4] Patil P.G., Anap G.R., Arude V.G. Design and development of cylinder type cotton pre-cleaner // Agricultural Mechanization in Asia. Africa and Latin America, 2014.
- [5] Carlos B. Armijo, Kevin D. Baker, Sidney E. Hughs, Edward M. Barnes, Marvis N. Gillum. Harvesting and Seed Cotton Cleaning of a Cotton Cultivar with a Fragile Seed Coat // The Journal of Cotton Science. 2009. №13. P. 158 – 165.

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

10.04.2019 й.
қабул қилинган

Х.С. Усманов, И.З. Аббозов, А.Т. Долиев. Теоретический анализ влияния колковых барабанов на природные качественные показатели хлопка при его очистке

В статье рассматриваются конструкция очистительной машины от мелких сорных примесей и влияние работы колковых барабанов на природные качественные показатели хлопка. Приводятся результаты теоретических исследований по определению величины силы воздействия колковых барабанов на летучку хлопка. На основе теоретических исследований определен участок, где происходит максимальное воздействие на летучку хлопка и появляются короткие волокна. Выводом научной работы является целесообразность отхода от горизонтальной компоновки очистительных секций очистителей мелкого сора.

Kh.S. Usmanov, I.Z. Abbozov, A.T. Doliev. Theoretical analysis of influence of spike drums on the natural qualitative indicators of cotton at the process of cleaning

The design of the cleaning machine from small weed impurities and the effect of the performance of the spike drums on the natural qualitative indicators of cotton are discussed in the article. The results of theoretical studies to determine the magnitude of the force of the effect of the spike drums on the fiber seed are given. As a result of theoretical studies, a section, where the maximum effect on the fiber seed occurs and short fibers appear, has been determined. The conclusion of the scientific work is the expediency of moving away from the horizontal line-up of the cleaning sections of the cleaners of small weed impurities.

УДК 624.21.095.322(04)

Х. БАЙБУЛАТОВ, Ж. ГАЙИБОВ

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ НА ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ НАМАНГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Результаты инвентаризации мостовых сооружений Наманганской области. На территории Наманганской области расположено 870 мостовых сооружений различной конструкции, протяженностью от 3 до 458 м, для возведения которых всего было использовано 1441 пролетное строение различной длины. Общая протяженность мостов по области составляет около 18854 м. По результатам диагностических обследований выявлено, что по состоянию на январь 2019 г. 62 % мостовых сооружений по области находятся в удовлетворительном состоянии, 31 % – в неудовлетворительном, 5 % – в предаварийном, 2 % – в аварийном (рис. 1).

Из данной диаграммы следует, что даже без воздействия сейсмических нагрузок большое количество мостов представляют опасность при эксплуатации. Основными причинами понижения несущей способности является долгий срок службы большинства мостов, недостаточное техническое обслуживание и эксплуатация с повышенными нагрузками.

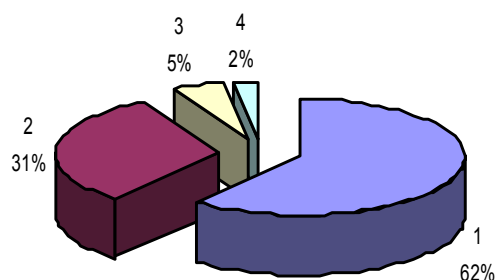


Рис. 1. Техническое состояние мостов на территории Наманганской области: 1 – удовлетворительное состояние; 2 – неудовлетворительное состояние; 3 – предаварийное состояние; 4 – аварийное состояние

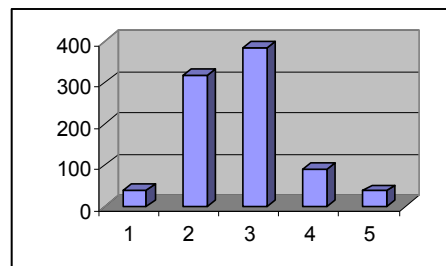


Рис. 2. Диаграмма периодов постройки мостов на территории Наманганской области: 1 – до 1960 г.; 2 – 1960 – 1975 гг.; 3 – 1976 – 1990 гг.; 4 – 1991 – 2005 гг.; 5 – с 2005 г.

Самые первые мосты в области датируются 1926 г. – они были возведены в селении Варзигон Чустского района. В этом районе также имеется несколько мостов 1933 г. постройки, в то время как в некоторых районах постройки начинались после 1950 г. и даже после 1960-х годов. По периодам постройки мостов на территории Наманганской области составлена диаграмма, приведенная на рис. 2. Из этой диаграммы видно, что на территории области 5 % мостов эксплуатируются более 60 лет, 36 % – более 45 лет, 45% – свыше 20 лет, 10 % – более 15 лет, остальные 4 % являются новыми постройками. Следует отметить, что мосты, возведенные в период до Ташкентского землетрясения 1966 г., спроектированы и построены без учета антисейсмических мероприятий.

Одной из причин недостаточного технического обслуживания мостов является отсутствие их балансодержателя. На территории Наманганской области 37 % мостов не состоят ни на чьем балансе. По этой причине некому взять ответственность за техническое состояние этих мостов, и, следовательно, на них не проводятся никакие ремонтные работы.

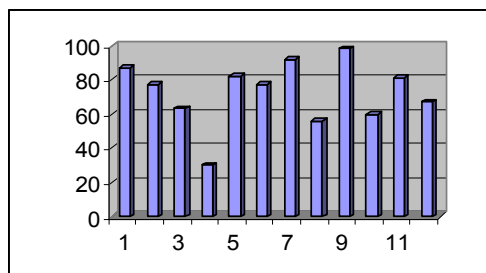


Рис. 3. Диаграмма количества мостов на территории Наманганской области: 1 – город Наманган; 2 – Мингбулакский район; 3 – Касансайский район; 4 – Наманганский район; 5 – Норинский район; 6 – Папский район; 7 – Туракурганский район; 8 – Уйчинский район; 9 – Учкурганский район; 10 – Чартакский район; 11 – Чустский район; 12 – Янгикурганский район

Количество существующих мостов по районам показано на рис. 3. Как видно из диаграммы, самое большое количество мостов находится на территории Учкурганского района, самое меньшее – на территории Наманганского.

Для наглядности можно рассмотреть некоторые мосты аварийного состояния, расположенные на территории Наманганской области (рис. 4). Здесь в основном наблюдаются образовавшиеся со временем деформационные дефекты опор мостов. На изображениях (а, б) показан крен устоев и промежуточной опоры из сборных бетонных блоков, на изображениях (в, г) наблюдается проседание промежуточных опор колонного типа. Кроме того, отмечается полное или частичное повреждение дорожного полотна и гидроизоляции, на изображении (в) видно полное отсутствие колесоотбойников и перильных ограждений. Как известно, разрушение дорожного полотна также является одной из основных причин, приводящих к разрушению несущих конструкций, так как они образуют ямы, в которых накапливается вода, и обеспечивают ее доступ к несущим конструкциям.



Рис. 4. Некоторые мосты Наманганской области, находящиеся в аварийном состоянии

В автодорожных мостах вся ширина пролетного строения (включая тротуары), переходные плиты, а также засыпаемые грунтом поверхности устоев, водопропускных труб (лотков) должны быть защищены изоляцией, препятствующей проникновению воды к защищаемым поверхностям бетона. Гидроизоляция должна быть: водонепроницаемой по всей изолируемой поверхности; водо-, био-, тепло-, морозо- и химически стойкой; сплошной и не повреждаемой при возможном образовании на изолируемой поверхности бетона трещин с раскрытием, принятым в нормах проектирования; прочной при длительных воздействиях постоянной и временной нагрузок и возможных деформациях бетона [1].

Вышеуказанные мосты находятся в аварийном состоянии и не подлежат ремонту, необходима их полная реконструкция.

При обследовании было отмечено, что на большинстве мостов отсутствуют даже элементарные антисейсмические мероприятия, несущие балки напрямую установлены на бетон насадок.

Для обеспечения безопасного функционирования мостов необходимо произвести следующие работы с учетом более современных конструктивных и функциональных решений с соблюдением надлежащего качества:

- 1) полную реконструкцию аварийных мостов;
- 2) капитальный ремонт мостов, находящихся в предаварийном состоянии;
- 3) необходимый объем ремонтных работ на мостах, находящихся в неудовлетворительном состоянии;
- 4) при необходимости профилактические работы на мостах, находящихся в удовлетворительном состоянии.

С учетом сейсмичности и грунтовых условий территорий при возможности необходимо также произвести антисейсмические работы на мостах, на которых они не проводились. При балочных разрезных конструкциях основное внимание при этом необходимо обратить на ударные колебания последовательно расположенных пролетных строений и выпадение их с насадки. С этой целью используются ограничительные устройства, ограничивающие продольные и в некоторых случаях при необходимости поперечные смещения несущих балок.

При возведении новых или реконструкции старых мостов протяженностью более 40 м в настоящее время необходимо внедрять в практику использование балочных мостов с неразрезными пролетными строениями.

К примеру, при глубоком залегании скальных грунтов по оси мостового перехода в Японии применены неразрезные конструкции с распределением продольной сейсмической нагрузки на все опоры со специальными соединениями пролетных строений с опорами. Интересна конструкция закрепления пролетных строений пятипролетного моста Сетагава общей длиной 232 м

(рис. 5). Нагрузка от торможения передается на анкерную опору с помощью стальных стержней, которые легко разрушаются под действием расчетной сейсмической нагрузки. После разрушения стержней неразрезная балка перемещается по опорным частям до тех пор, пока заделанные в балку стопоры не коснутся стенок углублений в подферменных плитах, после чего сейсмическая нагрузка воспринимается всеми опорами. Однако из-за влияния температуры воздуха на величину зазоров стопоры воспринимают нагрузку от движущейся балки неодновременно. Для исключения этого недостатка углубления заполняются вязким веществом, создающим очень большое сопротивление быстрым перемещениям стопоров, но не препятствующим их медленным перемещениям от изменения температуры воздуха [2].

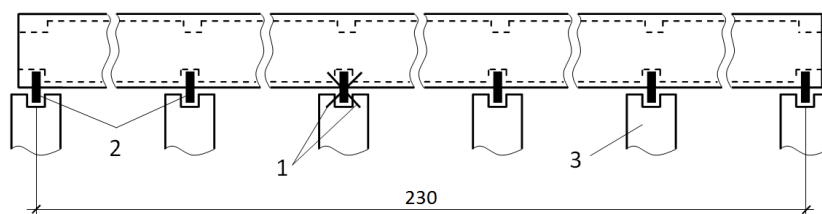


Рис. 5. Закрепление неразрезного пролетного строения моста Сетагава: 1 – выключающие связи; 2 – стопоры; 3 – опора, воспринимающая силу торможения

Таким образом, в целях безопасного функционирования мостовых сооружений необходимо производить своевременные качественные профилактические и ремонтные работы в полном запланированном объеме на основе более современных методов и средств. Для бесперебойного экономического и социального функционирования территорий следует уделять большое внимание мостам, расположенным на автомагистралях, межобластных, междугородних и межрайонных дорогах, а также в черте городов. Эти мосты являются стратегическими объектами, так как остановка их функционирования приводит к образованию хаотического движения автотранспорта на близрасположенных мостах и усложняет пешеходную коммуникацию. Кроме того, городские мосты являются опорами для внеплановых (не запланированных по проекту) городских сетей коммуникаций, таких как газопроводы, водопроводы, теплотрассы, телекоммуникационные и электрические кабели [3]. Необходимо предпринять меры по установлению балансодержателя каждого мостового сооружения и установить надзор за их техническим состоянием со стороны региональных управлений автомобильными дорогами, хокимиятов и УЧС.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ШНК 3.06.07-08. Мосты и трубы. Правила обследования и испытаний.
- [2] Антисейсмические устройства в мостостроении. Вып. 1. М., 1986.
- [3] Кожушкo В.П. Повышение долговечности автодорожных мостов. Харьков, 2016.

Институт механики и сейсмостойкости сооружений
им. М.Т. Уразбаева АН РУз

Дата поступления
09.07.2019

Х.Байбулатов, Ж.Гайибов. Наманган вилоятининг умумий фойдаланиш йўлларидаги кўприк иншоотларини кўриқдан ўтказиш натижалари

Мақолада Наманган вилоятидаги кўприк иншоотларини диагностик натижалари ва кўприк қурилишидаги баъзи зилзилабардошликни таъминлашга қаратилган чора-тадбирлар келтирилган.

H.Baybulatov, J.Gayibov. Results of diagnostics of bridge structures on the roads of general use of the namangan region

The article describes the results of diagnosing bridge structures in the Namangan region and provides some recommendations on anti-seismic measures in bridge construction.

ТУПРОҚҚА ИШЛОВ БЕРИШ МАШИНАЛАРИНИНГ ИШЛАШ ЧУҚУРЛИГИ ВА УНИНГ БАРҚАРОРЛИГИНИ ИШ КЎРСАТКИЧЛАРИГА ТАЪСИРИ

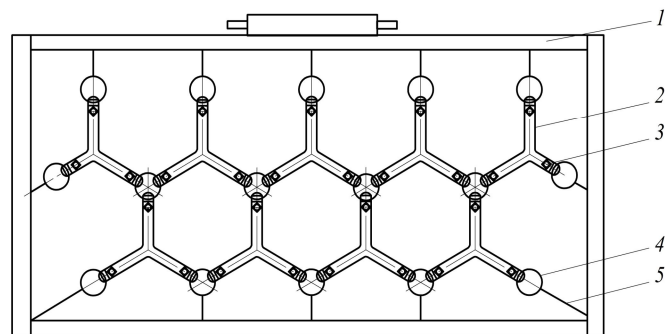
Ерларга ишлов бериш қишлоқ хўжалиги экинларидан юқори ҳосил етиштиришга йўналтирилган агротехника тадбирлари ичида муҳим ўринни эгаллайди. Бу агротехника тадбири ўз вақтида ва сифатли бажарилгандагина уруғларни бир текис экиш ва қийғос ундириб олиш, ўсимликларни ривожланиши ҳамда ҳосил тўплаши учун мақбул шароитлар яратилади. Бундан ташқари тупроққа сифатли ишлов берилганда экиш, экинларни парваришlash ва ҳосилни йиғиштириб олишда қўлланиладиган машиналарнинг иш сифати ва унуми ортади, ёнилғи сарфи камаяди.

Ишлов бериш чуқурлиги ва унинг барқарорлиги (бир текислиги) барча тупроққа ишлов бериш машиналарининг асосий иш кўрсаткичлари ҳисобланади. Ишлов бериш чуқурлиги талаб даражасида бўлса ва унинг барқарорлиги, яъни бир текисда бўлиши таъминланса экинларни бир текис ривожланиши ва пишиб етилишига ҳамда улардан юқори ҳосил олишга эришилади, акс ҳолда эса, яъни белгиланган ишлов бериш чуқурлиги ва унинг барқарорлиги таъминланмаса ўсимликларни нотекис ривожланиши натижасида ҳосилдорлик 12 – 15 фоизга пасаяди. Шу сабабли ҳам ҳар бир тупроққа ишлов бериш машинаси учун ишлаш чуқурлиги ва унинг белгилангандан четланишлари (нотекислиги)га қатъий талаблар қўйилган [1].

Ҳозирда республикамызда тупроққа асосан осма плуг, тиркама ва осма тишли борона ҳамда чизел-культиватор ва бошқалар ёрдамида ишлов берилади.

Ушбу мақолада тупроққа саёз ишлов беришда қўлланиладиган янги ишлаб чиқилган шарнирли-тебранма тишли боронанинг ишлов бериш чуқурлиги бўйича барқарор (бир текис) бўлишини таъминлаш мақсадида ўтказилган назарий ва экспериментал тадқиқотларнинг натижалари келтирилган.

Ишлаб чиқилган борона [2, 3] тракторга осиб қурилмаси билан жиҳозланган рама 1, ишчи звенолар 2 ва уларга маҳкамланган тишлар 3, уларни ўзаро боғлаб турувчи халқалар 4 ҳамда ишчи звеноларни рамага боғлаб турувчи тортқилар 5 дан иборат (1-расм). Иш жараёнида ҳар бир ишчи звено дала юзасидаги нотекисликларга мослашиши ва учта фазовий текислик бўйича қўшимча тебранма ҳаракат қилиш имкониятига эга. Бу ўз навбатида тупроққа ишлов бериш сифатини яхшилаши ва энергия сарфини камайишига олиб келади.



1-расм. Шарнирли-тишли боронанинг схемаси: 1 – рама; 2 – ишчи звенолар; 3 – тишлар; 4 – халқалар; 5 – тортқилар

Боронанинг ишлов бериш чуқурлиги (бороналаш) бўйича барқарор юриши асосан уни тупроққа ботирувчи куч Q_6 ни ўзгарувчанлигига боғлиқ бўлиб, бу куч иш жараёнида мумкин қадар ўзгармаслигини таъминлаш зарур ҳисобланади.

2-расмда боронага бўйлама – тик текисликда таъсир этувчи кучлар схемаси ва кўпбурчаги келтирилган. Улардан фойдаланиб боронани тупроққа ботирувчи куч Q_6 ни аниқлаймиз

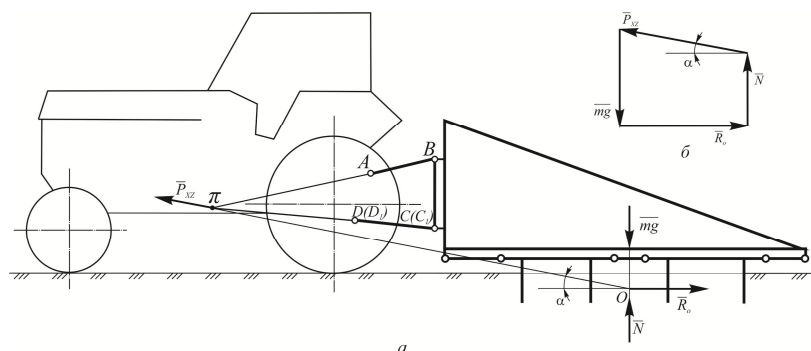
$$Q_6 = N = m_6 g - P_{xz} \sin \alpha \quad (1)$$

ёки $P_{xz} = R_0 / \cos \alpha$ эканлигини ҳисобга олганда (бу кучлар кўпбурчагидан келиб чиқади)

$$Q_6 = N = m_6 g - R_0 \tan \alpha, \quad (2)$$

бу ерда N – тупроқ томонидан боронага таъсир этувчи тик реакция кучи; m_6 – боронанинг массаси (рама билан); g – эркин тушиш тезланиши; P_{xz} – бўйлама – тик текисликда трактор томонидан

боронага қўйилган тортиш кучи (бу куч боронанинг оний айланиш маркази π га қўйилган); α – боронанинг бўйлама – тик текисликдаги тортиш чизигини горизонтга нисбатан оғиш бурчаги; R_0 – боронанинг тортишга қаршилик кучи.



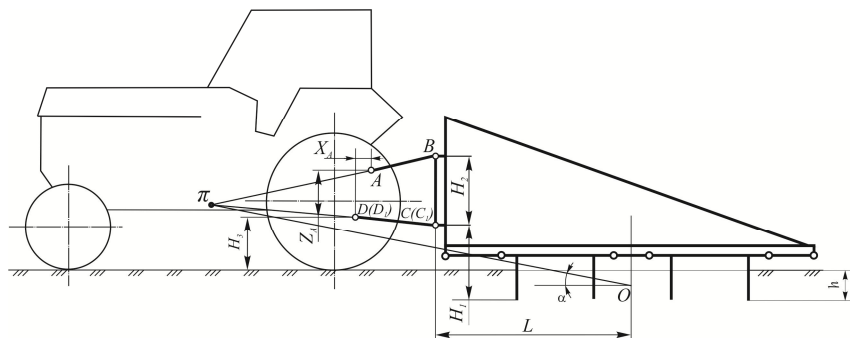
2-расм. Бўйлама – тик текисликда боронага таъсир этувчи кучлар схемаси (а) ва кўпбурчаги (б)

Тупроқ физик – механик хоссаларининг ўзгарувчанлиги ва дала юзасининг нотекислиги сабабли иш жараёнида боронанинг тортишга қаршилиги R_0 тўхтовсиз ўзгариб туради. (2) ифодадан кўриниб турибдики, бу ўзгариш боронани тупроққа ботирувчи куч Q_6 ни ботиш чуқурлигини ўзгаришига олиб келади. Натижада ишлов бериш чуқурлигининг бир текисда бўлиши таъминланмайди.

(2) ифода бўйича яна шуни таъкидлаш мумкинки, R_0 куч ва тупроқ физик – механик хоссалари ўзгарувчанлиги ҳамда дала юзаси нотекислигининг Q_6 га таъсири борона тортиш чизиги πO нинг горизонтга оғиш бурчаги α га боғлиқ бўлиб, бу бурчак қанчалик кичик бўлса, R_0 кучни Q_6 га таъсири шунчалик кам, боронанинг ишлов бериш чуқурлиги бўйича барқарор юриши эса шунчалик юқори бўлади. Энг яхши натижага $\alpha=0$ бўлганда эришилади. Бунинг учун боронани иш жараёнида уни горизонтал ҳолатига эътибор қаратиш лозим.

Демак, ишлаб чиқилган боронанинг ишлов бериш чуқурлиги бўйича барқарор юришини таъминлаш учун оғиш бурчаги α мумкин қадар кичик ёки нолга тенг бўлиши лозим.

3-расмда келтирилган схемадан фойдаланиб, α оғиш бурчакни борона, унинг осииш қурилмаси ва трактор осииш механизмнинг параметрлари ва ўлчамлари орқали ифодалаймиз



3-расм. Борона тортиш чизигининг горизонтга оғиш бурчагини аниқлашга доир схема

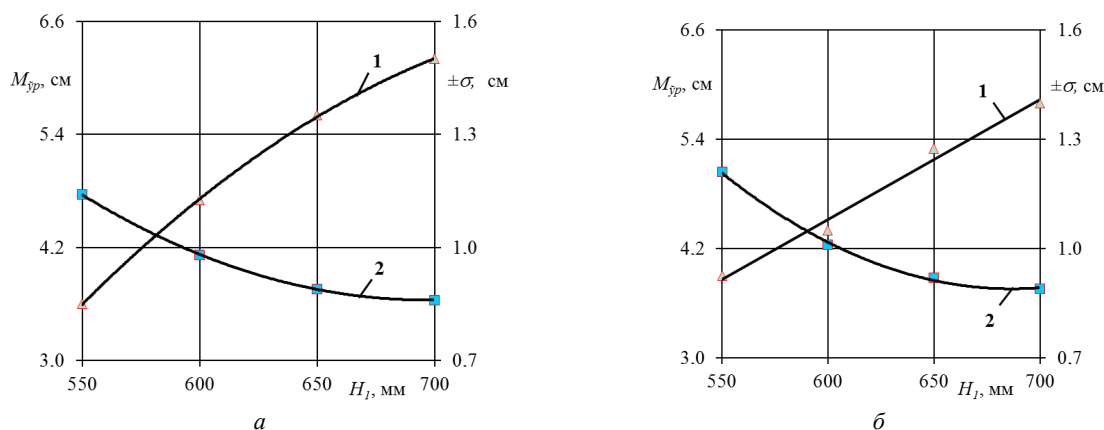
$$\alpha = \arctg \left\{ \left\{ H_2 \left(H_3 - H_1 + h \right) \left[\sqrt{l_6^2 - (H_3 - H_1 + h)^2} - X_A \right] + (H_1 - 0.5h) \times \right. \right. \\ \times \left. \left[(H_2 - Z_A) \sqrt{l_6^2 - (H_3 - H_1 + h)^2} - X_A (H_3 - H_1 + h) \right] \right\} : \\ : \left\{ H_2 \sqrt{l_6^2 - (H_3 - H_1 + h)^2} \left[\sqrt{l_6^2 - (H_3 - H_1 + h)^2} - X_A \right] + \right. \\ \left. + L \left[(H_2 - Z_A) \sqrt{l_6^2 - (H_3 - H_1 + h)^2} - X_A (H_3 - H_1 + h) \right] \right\} \right\}, \quad (3)$$

бунда H_1 – борона таянч текислиги (тишлари учи)дан у осииш қурилмасининг пастки осииш нуқта-

лари $C(C_1)$ гача бўлган тик масофа; H_2 – борона осииш қурилмасининг пастки $C(C_1)$ ва юқориги B осииш нуқталари орасидаги тик масофа; H_3 – трактор таянч текислигидан у осииш механизми пастки бўйлама тортқиларининг қўзғалмас шарнирлари $D(D_1)$ гача бўлган тик масофа; X_A, Z_A – мос равишда трактор осииш механизмининг қўзғалмас нуқталари A ва $D(D_1)$ орасидаги горизонтал ва тик масофалар; h – ишлов бериш чуқурлиги; l_6 – трактор осииш механизми пастки бўйлама тортқиларининг узунлиги; L – борона пастки осииш нуқталаридан унинг қаршилиқ маркази O гача бўлган масофа.

(3) ифодадаги H_2, H_3, X_A, Z_A, l_6 , ва L масофалар стандартлашганлиги [4] ҳамда трактор ва борона конструкцияларидан маълум бўлганлиги, ишлов бериш чуқурлиги эса агротехника талабларига мос келиши лозимлиги сабабли боронани ишлов бериш чуқурлиги бўйича барқарор юришини таъминловчи юқорида таъкидланган шарт, яъни борона тортиш чизигини горизонтга оғиш бурчаги α мумкин қадар кичик ёки нолга тенг бўлиш шарти асосан H_1 масофани ўзгартириш ҳисобида таъминланади.

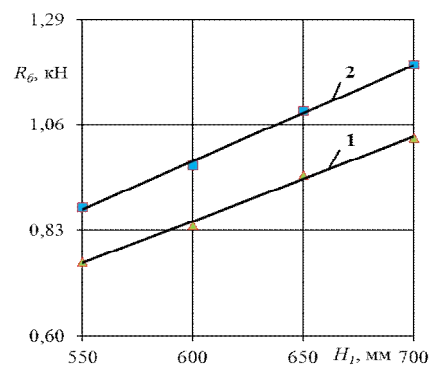
Ўтказилган назарий тадқиқотлар асосида ишлаб чиқилган тишли боронанинг экспериментал тадқиқотлари ўтказилди. Бунда тишли боронанинг таянч текислигидан у осииш қурилмасининг пастки осииш нуқтасигача бўлган тик масофа 50 мм интервал билан 550 дан 700 мм гача оралиқда ўзгартирилди. Агрегатни ҳаракат тезликлари 6.7 ва 9.3 км/соат қабул қилинди. Асосий кўрсаткич сифатида ишлов бериш чуқурлиги h ва боронанинг тортишга қаршилиги R_6 ўрганилди ($R_6=R_0$) (4, 5-расмлар).



4-расм. Шарнирли-тебранма тишли боронанинг таянч текислигидан осииш қурилмасининг пастки тақиш нуқтасигача бўлган тик масофани ишлов бериш чуқурлиги (M_{yp}) ва унинг ўртача квадратик четланиши ($\pm\sigma$) га таъсири: $1 - M_{yp}=f(H_1)$; $2 - \pm\sigma=f(H_1)$; мос равишда агрегат ҳаракат тезлиги 6.7 (а) ва 9.3 (б) км/соат бўлганда

Шарнирли-тебранма тишли боронанинг таянч текислигидан осииш қурилмасининг пастки осииш нуқтасигача бўлган тик масофа ортиши билан ишлов бериш чуқурлиги иккала тезликда ҳам ортиб борган (4-расм), уни ўртача квадратик четланиши камайган, ишлов бериш чуқурлигининг бир текислиги таъминланган.

Борона таянч текислигидан унинг пастки осииш нуқтасигача бўлган масофа 600 мм дан кичик бўлганда, белгиланган чуқурликка эришилмаган ва ундан катта бўлганда эса боронани белгиланган чуқурликка ботиши ва шу чуқурликда барқарор ишлаши таъминланган. Борона таянч текислигидан у осииш қурилмасининг пастки осииш нуқтасигача бўлган тик масофани 550 дан 700 мм гача ортиши унинг тортишга қаршилигини 0.27 – 0.31 кН га ортишига олиб келган (5-расм).



5-расм. Шарнирли-тебранма тишли боронанинг тортишга қаршилигини унинг таянч текислигидан осииш қурилмасининг пастки тақиш нуқтасигача бўлган тик масофага боғлиқ ҳолда ўзгариш графиги: мос равишда агрегат ҳаракат тезлиги 6.7 (1) ва 9.3 (2) км/соат бўлганда

Хулоса: Ўтказилган назарий ва экспериментал тадқиқотлар шуни кўрсатдики, шарнирли-тебранма тишли борона 1.4 – 2.0 классдаги тракторлар билан ишлатилганда борона томонидан тупрокка ишлов бериш чуқурлиги талаб даражасида (5 ± 1 см) ҳамда энергия сарфи кам бўлиши учун H_1 масофа, яъни боронанинг таянч текислигидан у осииш қурилмасининг пастки осииш нуқталаригача бўлган тик масофа камида 600 – 650 мм бўлиши керак.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Абдувахобов Д.А. Новый способ определения показателей устойчивости глубины обработки почвы // Инновационные технологии. Международная научно-практическая конференция. Уфа. Россия, 2018. С. 4 – 6.
- [2] Патент ЎзР №FAP 01174. Тишли борона / Мухамедов Ж., Тўхтақўзиев А., Умурзаков А., Абдувахобов Д. // Расмий ахборотнома. 2017. № 3.
- [3] Мухамедов Ж., Умурзаков А., Абдувахобов Д. Обоснование основных параметров рабочего звена бороны // Актуальные вопросы применения инженерной науки. Международная научно-практическая конференция. Рязань. Россия, 2019. С. 61 – 65.
- [4] ГОСТ 10677-2001. Устройство навесное заднее сельскохозяйственных тракторов классов 0.6 – 8. Минск: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 11 с.

Наманган муҳандислик-қурилиш институти
Қишлоқ хўжалигини механизациялаш илмий-тадқиқот институти

15.04.2019 й.
қабул қилинган

Ж. Мухамедов, Д.А. Абдувахобов, Н.М. Комилов. Влияние на работоспособность равномерности хода почвообрабатывающих машин по глубине обработки почвы

В статье проанализированы результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований по обеспечению требуемой равномерности глубины обработки почвы, разработанной шарнирно-колебательной зубовой бороной.

J. Muhamedov, D.A. Abduvahobov, N.M. Komilov. Influence on the working capacity of the university of the process of soil treatment machines by the depth of soil treatment

The results of the research to ensure the required soil treatment depth uniformity developed oscillatory spike-tooth harrow.

УЎК 677.21.021:621.97

А. ПАРПИЕВ, Н.А. ХУСАНОВА

ПАХТА НАМЛИГИГА ПНЕВМОУЗАТИШ ТИЗИМИНИНГ ТАЪСИРИ

Муаммонинг ҳолати. Пахта тозалаш корхоналарида иссиқ вақтда терилган I - нав пахта толалари ва юкори ҳароратда қурилган паст нав пахта толаларининг намлиги аксарият ҳолларда стандарт талабларидан (5.5 – 8 %) паст (4 – 5 %) бўлганлиги сабабли, уни технологик жараённинг турли нуқталарида намланади [1, 2]. Пахта ёки толани намлашда ҳаво, сув буғи ёки сувни майда заррачалар ҳолида пуркаш усуллари қўлланилади [3].

Пахта ва толани намлаш бўйича ўтказилган тадқиқотлар [4 – 7] ишлаб чиқаришга татбиқ этилган бир қатор намлаш усуллари, жумладан, пахтани тозалаш ускуналаридан кейин пневмотруба тизимида, жин таксимловчи шнегида, толани тола узатиш қувурларида, конденсорда, пресс тарновида намлаш усуллари самарадорлиги пастлигини (0.2 – 0.5 %) кўрсатди [8].

Пахта ёки толани намлашни мураккаблигининг асосий сабабларидан бири уни намланмайдиган материаллар тоифасига кириши ҳисобланади. Намлаш жараёнида пуркалган сув ёки сув буғи тола қатламига дисперс ҳолда майда томчи заррачалари ҳолида конденсация бўлади. Конденсация бўлган томчилар тола юзаси билан жуда кичик контактда бўлади. Агар намлаш жараёнидан сўнг, пахта ёки тола ҳаво ёрдамида узатилса ёки механик таъсирга учраса томчилар толадан ажралиб кетиши мумкин.

Маълумки ҳозирда пахта тозалаш корхоналарида пахта УХК тозалаш оқимидан кейин пневматик қувур олдида намланади [9]. Намланган пахта пневматик қувурга узатилганда, уни юзасидаги томчи ҳолатидаги намлик пахтага нисбатан катта нисбий тезликдаги ҳаво босими

таъсирида ҳавога ўтиб кетади, натижада намлаш самарадорлиги пасаяди. Лекин ушбу жараён умуман ўрганилмаган.

Мазкур мақолани асосий мақсади намланган пахтани пневматик трубаларда намлигини ўзгаришини аниқлаш бўлиб, махсус диаметри 300 мм, узунлиги 3 м бўлган трубада тажрибалар ўтказилди.

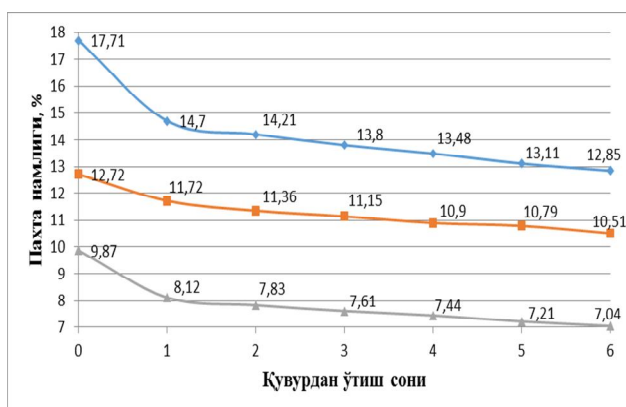
Тажриба учун намлиги 7.0 % бўлган 150 г пахта тортиб олиниб уни юзасига махсус пуркагич ёрдамида турли миқдорда (4.8 ва 15 г) дисперс ҳолда сув пуркалди. 65°C ҳароратдаги сув билан 15 г, сўнгра пневмотрубадан бир неча марта ўтказилди. Трубада ҳаво оқими тезлиги 12 м/с бўлди. Тажриба 3 марта ўтказилиб, пахта тортилиб намлиги аниқланди. Пахтани абсолют қуруқ вазни 140.17 г ни ташкил этди.

Тажриба натижалари жадвал, 1- ва 2-расмларда келтирилган.

Пневмоқувурдан ўтказилганда пахта оғирлигини ўзгариши

№	Такрорлаш сони	Пахта оғирлиги, г						
		Ўтказилиш сони						
		0	1	2	3	4	5	6
1.	1	154	151.78	151.38	151.12	150.86	150.62	150.36
2.	2	154	151.4	150.96	150.55	150.36	150.1	149.86
3.	3	154	151.46	151.1	150.82	150.59	150.12	149.91
4.	ўрта	154	151.55	151.15	150.83	150.60	150.28	150.04
5.	1	158	156.4	155.73	155.43	155.18	154.94	154.46
6.	2	158	158.09	157.74	157.31	156.94	156.72	156.28
7.	3	158	155.43	154.97	154.68	154.46	154.15	154.01
8.	ўрта	158	156.6	156.1	155.8	155.5	155.3	154.9
9.	1	165	159.98	159.35	158.92	158.38	158.0	157.67
10.	2	165	161.74	160.92	159.98	159.67	158.8	158.52
11.	3	165	160.6	160.01	159.62	159.16	158.86	158.36
12.	ўрта	165	160.77	160.09	159.51	159.07	158.55	158.18

Жадвалдан кўриниб турибдики, пневмоқувурдан ўтказилган пахта оғирлиги сезиларли даражада камаймоқда. Пахтага 4 гр сув пуркалганда уни оғирлиги пневмоқувурдан 6 марта ўтганда 154 дан 150.04 г гача камаймоқда, яъни пуркалган 4 г сувни фақат 0.04 г, 8 г пуркалганда 3.1 г, 15 г пуркалганда эса 6.82 г қолмоқда.



1- расм. Пахта намлигини пневмоқувурдан ўтишида ўзгариши ошган. Лекин 2.21 ва 4.86 % намлик ҳавога ўтиб кетган.

Олинган натижаларни таҳлили пахтани самарали намлаш учун кўпроқ сув пуркаш кераклигини кўрсатмоқда.

Таъкидлаш керакки, пахтага сув пуркалганда қатлам юзаси намланиб ички қисмлари намланмай қолиши натижасида намлаш нотекислиги пайдо бўлади. Бу эса пахтани жинлаш жараё-

Пахта намлигини пневмоқувурдан ўтиш жараёнида ўзгаришини (1. расм) таҳлили, сув миқдори ошган сайин пахтада қолаётган сув заррачалари миқдори ҳам ошиб боришини кўрсатди. Пахтага 4 г сув пуркалганда, яъни уни ўртача намлиги 7.01 % дан 9.87 % га қўтарилганда 6 марта қувурдан ўтгандан сўнг намлиги 7.04% га тушиб қолган, 2.83% намлик ҳавога ўтиб кетган, натижада пахта фақат 0.03 % га намланган. Пуркалган сув миқдори 8 ва 15 г, яъни пахта намлиги 12.72 ва 17.7% бўлганда пахтада қолдиқ намлик 10.51 ва 12.85 % бўлган, яъни мос равишда 3.5 ва 5.84 % га

нига салбий таъсир этади, жин ускунасини барқарор ишлашига путур этади, тола сифати бузилиши мумкин. Шу сабабли пневмокувурдан ўтган пахталарни 12 та қисмидан намуна олиниб намлиги аниқланди.

Пахта намлиги нотекислигини қуйидаги формулалар орқали аниқланди:

$$P = W_{\max} - W_{\min} , \quad (1)$$

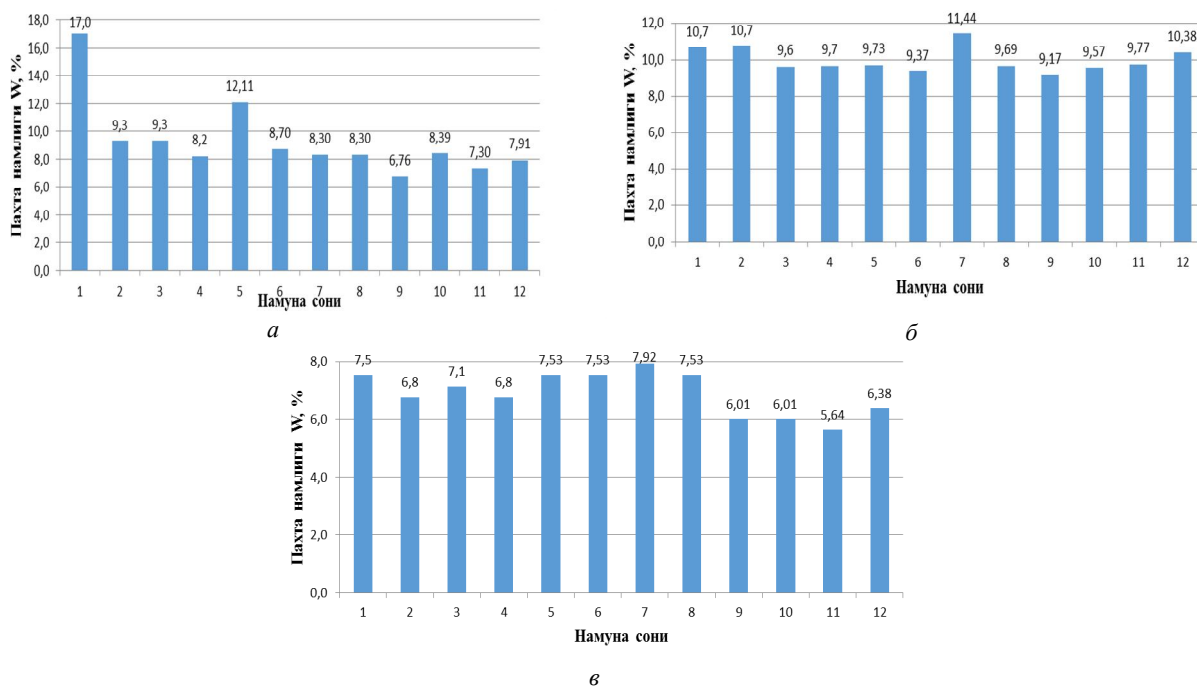
$$P = \frac{W_{\max} - W_{\min}}{W_{\text{ўрт}}}, \quad (2)$$

бунда $W_{\max}$, $W_{\min}$ – пахта намуналарининг максимум ва минимум намликлари, %; $W_{\text{ўрт}}$ – пахтанинг ўртача намлиги, %.

Пахта намлиги нотекислигини (1)-формула ёрдамида аниқланиши пахтадаги максимал намлик миқдорини билиш кераклиги талабидан келиб чиққан.

Чунки пахта намлиги нотекислиги миқдори уни таркибидаги микроорганизмларни ҳаёт фаолияти тезлигига таъсир этади. Пахта намлиги қанча юқори бўлса микроорганизмлар фаоллашади, тола сифатига таъсир этади, толани сақлаш жараёнида сарғайтиради. Шунинг учун пахтадаги максимал намликни билиш шарт. 2-формула эса намлаш нотекислигини нисбий ҳолда, яъни ўртача намликдан қанча четлашишини аниқлайди.

Тажиба натижалари 2-расмда келтирилган.



2- расм. Сув пуркалган пахта намлигини нотекислиги: а – пахтага 15 г сув пуркалганда; б – пахтага 8 г сув пуркалганда; в – пахтага 4 г сув пуркалганда

Кўриниб турибдики пуркалаётган намлик миқдори ошган сайин намлик нотекислиги ҳам ошиб бормоқда. Пахтага 4 г сув пуркалганда намлик нотекислиги 2.2 % ни ташкил этса, 15 г сув пуркалганда 10.2 % га тенг бўлади.

Юқоридагилардан қуйидаги хулосаларни қилиш мумкин:

- Намланган пахтани пневмокувурларга узатишда уни намлиги кескин камайиши аниқланди. Бунинг асосий сабаби, узатувчи ҳавони пахтага нисбатан нисбий тезлиги катта бўлиши ва пахта юзасидаги томчи ҳолида бўлган намликни тола билан боғланиши кучсиз эканлиги ҳисобланади.

- Пахтани сув пуркаб намлаганда намлаш фоиизи ошган сайин намланиш нотекислиги ҳам ошиб бориши кузатилди. Бу ҳолат пахтани жинлаш жараёнига салбий таъсир этиши мумкин.

- Намлаш самарадорлигини ошириш учун намланган пахтани аэродинамик ёки механик таъсирсиз маълум муддат аралаштириб намлик тақсимланиши ва намликни тола билан боғланиш кучини ошириш мақсадга мувофиқ бўлар эди.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Пахтани дастлабки ишлашнинг мувофиқлаштирилган технологияси (ПДИ-70-2017). “Ўзпахтасаноатэкспорт” холдинг компанияси “Paxtasanoat ilmiy markazi” АЖ. Тошкент, 2017.
- [2] Гуляев Р. А. Методы создания комплексной технологии увлажнения хлопка-сырца и хлопкового волокна на хлопкоочистительных заводах: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Ташкент, 2016.
- [3] Зоиров Ф. А. Исследование увлажнения хлопка-волокна и его влияние на физико-механические свойства: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1979.
- [4] Никитин Р. П. Исследование методов совершенствования процесса увлажнения хлопкового волокна перед прессованием. М., 1978.
- [5] Lugachev A.E., Gulyayev R.A., Mardonov B.M., Kadirov J.Dj., Nazirov R.R., Ahmedov A.A., Kamalov N.Z., Borodin P.N. Uzbek cotton: competitive advantages and achievements in cotton science // 33rd International cotton conference. Bremen, 2016. P. 1 – 9.
- [6] Anthony W.S., Griffin A.C. Fiber breakage at gins: moisture and heat // Cotton Gin and Oil Mill Press. 2001. N. 102(23). P. 10 – 13.
- [7] Moore V.P., Griffin C.Jr. The relationship of moisture to cotton quality preservation at gins. USDA-ARS Publ. 1964. P. 42 – 105.
- [8] Anthony W.S., Griffin A.C. Fiber breakage at gins: moisture and heat // Cotton Gin and Oil Mill Press. 2001. N. 102(24). P. 6 – 9.
- [9] Anthony W.S. Performance characteristics of cotton ginning machinery // Trans. ASAE. 1990. N.33(4).P.1089–1098.

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

17.06.2019 й.
қабул қилинган

А. Парпиев, Н.А. Хусанова. Влияние пневмотранспортировки на влажность хлопка-сырца

В статье изучены факторы, влияющие на влажность хлопка-сырца. Установлено изменение влажности хлопка-сырца при пневмотранспортировке. Дан анализ полученных результатов исследования.

A. Parpiev, N.A. Khusanova. Impact of pneumatic conveying on raw cotton moisture

The article studies the influencing factors on the moisture of raw cotton, determines the change in humidity of raw cotton during pneumatic transport, and analyzes the results.

УДК 677.017.463:531.43

К.С. СУЛТАНОВ, С.И. ИСМОИЛОВА, Ш.Э. ТУЛАНОВ

ПРОЧНОСТЬ ХЛОПЧАТОБУМАЖНОЙ ПРЯЖИ ПРИ НЕРЕГУЛЯРНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗКАХ

В [1] на основе результатов серийных экспериментов по растяжению хлопчатобумажной пряжи с различными линейными плотностями кардной системы, полученной пневмомеханическим способом прядения, предложена физически-нелинейная модель в следующем виде:

$$E_D^{-1}(\varepsilon) \frac{d\sigma}{dt} + E_S^{-1}(\varepsilon) \mu(\varepsilon) \sigma = \frac{d\varepsilon}{dt} + \mu(\varepsilon) \varepsilon, \quad (1)$$

где σ – продольное напряжение; ε – продольная деформация; $E_S(\varepsilon)$ и $E_D(\varepsilon)$ – переменные модули статического (при $d\varepsilon/dt \rightarrow 0$) и динамического (при $d\varepsilon/dt \rightarrow \infty$) деформирования материала; $\mu(\varepsilon)$ – переменный параметр объемной вязкости материала, который связан с коэффициентом объемной вязкости материала $\eta(\varepsilon)$ уравнением

$$\mu(\varepsilon) = \frac{E_D(\varepsilon)E_S(\varepsilon)}{(E_D(\varepsilon) - E_S(\varepsilon))\eta(\varepsilon)}. \quad (2)$$

Как видно, уравнение (1) является физически нелинейной моделью или законом деформирования материала.

В [1] предлагаются для определения значения E_S численно-аналитические соотношения

$$E_{Si}(\varepsilon) = E_a \exp(\beta_{ab} I_{Si}), \quad (3)$$

$$\beta_{ab} = \ln(E_b / E_a), \quad (4)$$

$$I_{Si} = \frac{\varepsilon - \varepsilon_a}{\varepsilon_b - \varepsilon_a}, \quad (5)$$

где E_{Si} – номер точки, для которой определяется значение E_S на отрезке $[ab]$, параметры с индексом (a) относятся к начальной (первой) точке, а с индексом (b) – к конечной (последней) точке отрезка, с индексом (ab) – на всем отрезке; β_{ab} – безразмерный коэффициент интерполяции, значение которого получается из (3) при $I_{Si}=1$; I_{Si} – параметр, характеризующий структурное изменение в пряже на рассматриваемом отрезке аппроксимации функции $E_S(\varepsilon)$.

Функция $E_D(\varepsilon)$ определяется из соотношения

$$\gamma = \frac{E_D(\varepsilon)}{E_S(\varepsilon)}. \quad (6)$$

Предположим, что параметр вязкости при растяжении пряжи в диапазоне изменения деформации $0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_k$ уменьшается по экспоненциальному закону

$$\mu(\varepsilon) = \mu_N \exp(-\alpha \varepsilon / \varepsilon_k), \quad (7)$$

где μ_N – начальное значение параметра вязкости для структурно неразрушенной пряжи, α – безразмерный коэффициент, характеризующий интенсивность убывания значения μ ; ε_k – критическое значение деформации, при которой обрывается пряжа.

При $\varepsilon = \varepsilon_k$ получим

$$\mu = \mu_k = \mu_N e^{-\alpha}. \quad (8)$$

Отсюда

$$\alpha = \ln(\mu_N / \mu_k). \quad (9)$$

Закон деформирования пряжи (1) описывает процесс растяжения пряжи до обрыва. В технологических процессах текстильного производства возможны случаи разгрузки пряжи.

Предлагается феноменологический закон разгрузки пряжи, исходя из общих принципов теории пластичности в виде

$$\frac{d\sigma}{E_R(\varepsilon)dt} = \frac{d\varepsilon}{dt} \text{ при } \frac{d\varepsilon}{dt} < 0, \quad (10)$$

где $E_R(\varepsilon)$ – переменный модуль разгрузки, учитывающий пластические свойства деформирования пряжи.

Для определения значения модуля разгрузки при растяжении пряжи феноменологически предлагаются следующие соотношения:

$$E_R(\varepsilon) = E_T \text{ при } 0 \leq \varepsilon \leq \varepsilon_e, \quad (11)$$

$$E_R(\varepsilon) = E_T \exp[\varphi(I_S)] \text{ при } \varepsilon_e \leq \varepsilon \leq \varepsilon_m, \quad (12)$$

$$E_R = E_T \exp\left[\varphi\left(\frac{\varepsilon_m}{\varepsilon_e} - 1\right)\right] \text{ при } \varepsilon \geq \varepsilon_m, \quad (13)$$

где E_T – текущее значение модуля деформации в момент разгрузки, определяемое из уравнения (3); $\varphi = \varepsilon_e \ln(K_R) / \varepsilon_m$ – безразмерный коэффициент, характеризующий наклон кривой разгрузки к оси деформации на диаграмме $\sigma(\varepsilon)$; $K_R = E_R / E_T$ – безразмерный коэффициент, характеризующий максимально возможное значение модуля разгрузки; $I_S = \varepsilon / \varepsilon_e$ – параметр, характеризующий зависимость пластических свойств пряжи при растяжении от изменения ее структуры.

Согласно результатам опытов [2 – 5], нерегулярные полуволновые нагрузки в технологических процессах описываются уравнением

$$\varepsilon(t) = abs\left(\varepsilon_a \sin \frac{\pi t}{2t_k}\right), \quad (14)$$

где ε_a – амплитуда (максимальное значение) деформации, при которой происходит разгрузка.

Согласно уравнению (14), текущее значение деформации $\varepsilon(t)$ всегда положительное, так как пряжа только растягивается и не работает на сжатие.

Исходными данными для расчетов принимаем, что значение μ_N меняется в диапазоне от $\mu_N = 100 \text{ с}^{-1}$ до $\mu_N = 1 \text{ с}^{-1}$. Параметрами предложенной модели (1) и их значений являются результаты обработки опытов по растяжению хлопковой пряжи с линейной плотностью $T = 50.03 \text{ текс}$ [1]: $\varepsilon_N = 0.00025$; $\varepsilon_e = 0.00162$; $\varepsilon_m = 0.01317$; $\varepsilon_k = 0.06202$; $E_N = 3195.0 \text{ МПа}$; $E_e = 2130.0 \text{ МПа}$; $E_m = 4074.7 \text{ МПа}$ и $E_k = 2920.0 \text{ МПа}$.

Изменения деформации по времени при различных параметрах нагрузки показаны на рис. 1. Цикличность процесса «нагрузка – разгрузка» происходит до тех пор, пока деформация не достигнет критического значения ε_k . В момент $\varepsilon = \varepsilon_k$ происходит обрыв пряжи.

Разное изменение деформации по времени происходит с увеличением параметра $K_R = E_R/E_T$ (см. рис. 1, кривые 2 и 3).

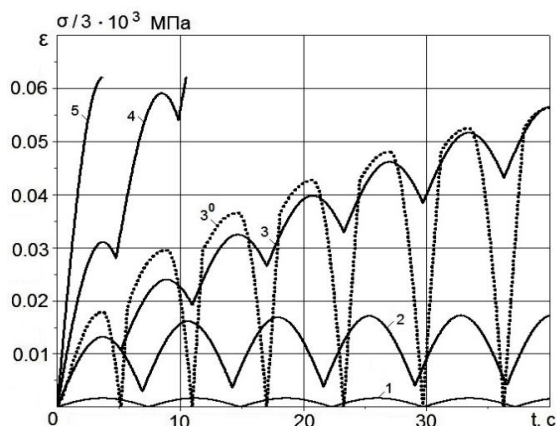


Рис. 1. Варианты изменения деформации растяжения пряжи: 1 – $E_R = E_T$; 2 – $E_R = \gamma E_T$; 3 – $E_R = 5\gamma E_T$; 4 – $E_R = 10\gamma E_T$; 5 – $E_R = 10\gamma E_T$; 3⁰ – изменение $\sigma(t)$

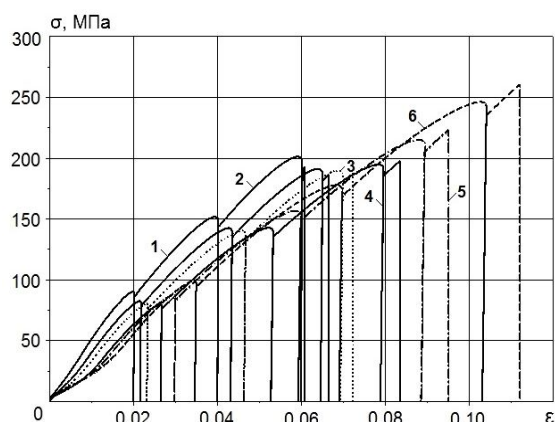


Рис. 2. Упруговязкопластическая модель деформирования пряжи в зависимости от линейной плотности пряжи

На рис. 2 приведены полуциклы «нагрузка – разгрузка» при значениях линейных плотностей $T = 10, 20, 30, 50, 70$ и 100 текс, полученные на ЭВМ (соответственно кривые 1–6). В этих вариантах исходные значения параметров следующие: $\gamma_N = 1.1$; γ_m 2 и $\mu_N = 1 \text{ c}^{-1}$; $K_R = 100$; $n = 5$; $\varepsilon_{\max} = 0.97\varepsilon_m$. В вариантах расчётов на ЭВМ изменялись только значения линейных плотностей пряжи T .

Как видно из рис. 2, с увеличением линейной плотности пряжи значение критической деформации растёт, следовательно, увеличивается критическое напряжение, при котором обрывается пряжа. Зависимость $\sigma(\varepsilon)$ является нелинейной, а процесс деформирования пряжи необратимым.

Таким образом, разработанный на основе результатов опытов по растяжению пряжи упруговязкопластический закон полностью описывает процесс деформирования пряжи при различных нагрузках, включая полуциклично-нерегулярные динамические нагрузки, возникающие в технологических процессах текстильного производства [2 – 5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Султанов К.С., Исмоилова С.И. Структурная прочность текстильных нитей. Монография. Ташкент: Фан, 2017. – 256 с.
- [2] Кузнецова Н.С. Взаимосвязь деформации и напряжения порции волокнистого материала при сжатии и снятии нагрузки // Вестник КГТУ. 2005. №1. С. 13 – 14.
- [3] Кузина Т.А., Болотный А.П. Влияние динамики испытательной машины на процесс разрушения нити при нерегулярных нагрузках // Вестник КГТУ. 2005. № 11. С. 65 – 67.
- [4] Кузина Т.А., Герасимова С.Ф. Экспериментальные исследования процесса разрушения нитей от нерегулярных нагрузок // Вестник КГТУ. 2009. № 21. С. 72 – 75.
- [5] Кузнецова Н.С. Исследование деформационных свойств волокнистого материала в массе при сжатии и снятии нагрузки с учётом релаксации // Вестник КГТУ. 2009. № 21. С. 69 – 72.

Институт механики и сейсмостойкости сооружений
им. М.Т. Уразбаева АН РУз

Дата поступления
15.05.2019

К.С. Султанов, С.И. Исмоилова, Ш.Э. Туланов. Номунтазам динамик юкланишлар таъсиридаги пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш

Мақолада пахта ипининг мустаҳкамлигини, унинг физик нозизиқ эластик-ёпишқоқ пластик модели асосида, ярим цикли номунтазам динамик юкланишлар таъсирига ҳисоблаш натижалари келтирилган.

K.S. Sultanov, S.I. Ismoilova, Sh.E. Tulanov. Strength of cotton yarn under irregular dynamic loads

Results of calculations of cotton yarn strength are given in the paper on the basis of a physically nonlinear elastic-viscoplastic model under semi-cyclic irregular dynamic loads.

ХРОНИКА

ОСНОВАТЕЛЬ СОВРЕМЕННОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПО ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН

Земля Узбекистана богата выдающимися учеными и мыслителями в разных областях науки, в том числе в области теоретической и прикладной механики. Имена Ал-Хоразмий, Ал-Ферганий, Абу Райхан Беруни, Абу Али Ибн Сино, Абу Юсуф ал-Хоразмий, Исмоил ал-Жазарий, Мирзо Улугбек, Али Кушчи всемирно известны, и благодаря целенаправленной политике руководства республики сегодня возрождаются целые направления в науке по изучению и распространению их наследия.

Постановление Президента РУз Ш.М. Мирзиёева от 17 февраля 2017 г. № ПП-2789 «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности Академии наук, организации, управления и финансирования научно-исследовательской деятельности» дало огромный импульс в организации научных исследований в системе Академии наук республики. Вместе с другими НИИ был восстановлен Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева, где в настоящее время в научных лабораториях выполняются исследования в направлениях механики деформируемого твердого тела с выходом на сейсмостойкость и прочность сооружений, механики механизмов и машин, механики жидкостей и многофазных сред. Укрепляются научно-техническая база и научный потенциал за счет подготовки докторов наук и привлечения молодых ученых и специалистов для выполнения исследований по актуальным и востребованным направлениям механики. На основе межведомственных совместных проектов развиваются фундаментальные, прикладные исследования и инновационные работы по сельскохозяйственному машиностроению, в том числе по хлопкоуборочным машинам на кластерной основе и по заказам реального сектора экономики.

Современная механика Узбекистана связана с именами таких известных ученых, как М.Т. Уразбаев, Х.А. Рахматуллин и среди них особое место занимает инженер-механик, известный ученый Халим Хайдарович Усманходжаев – основатель научной школы по теории механизмов и машин.

Х.Х. Усманходжаев родился 21 ноября 1919 г. в городе Ташкенте. Окончил среднюю школу в 1937 г., затем подготовительный факультет легкой промышленности, а в 1950 г. Ташкентский текстильный институт (ныне - Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности). Его трудовая деятельность началась с 1942 г. на авиационном заводе, далее – в подразделениях Минтекстильпрома, Минпросвещения, а после получения высшего образования он был назначен начальником научно-исследовательского сектора ассистентом кафедры «Теория механизмов, машин и проектирование текстильных машин» Текстильного института. С 1952 г. он аспирант Института машиноведения Академии наук бывшего Союза. В 1954 г. под руководством всемирно известного ученого академика И.И. Артоболевского защитил диссертацию на соискателя ученой степени кандидата технических наук на тему: «Некоторые вопросы кинематики и динамики механизмов смены шпуль автоматических ткацких станков». После защиты диссертации он возвращается в родной институт, где работает ассистентом, старшим преподавателем, доцентом, заместителем декана и деканом факультета.

По конкурсу перешел в Институт механики АН Узбекистана (ныне – Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева) и в 1961 г. открыл научную лабораторию «Теория механизмов и машин» и стал ее первым руководителем. Здесь же в 1965 г. защитил докторскую диссертацию на тему: «Теория механизмов и машин», в 1967 г. стал профессором, в 1968 г. был избран членом-корреспондентом, а в 1984 г. стал действительным членом Академии наук Узбекистана. К этому моменту на базе ряда лабораторий института был организован отдел «Теория механизмов и машин хлопково-промышленного комплекса», где он до конца жизни (1993) был научным руководителем отдела и одновременно заведовал лабораторией «Теория хлопкоуборочных аппаратов».

Благодаря многолетнему научно-педагогическому труду в области теории механизмов и машин, в 1962 г. впервые на государственном языке Х.Х. Усманходжаевым был издан фундаментальный учебник для инженеров-механиков «Механизм ва машиналар назарияси» («Теория механизмов и машин»). Учебник был переработан и издан с дополнениями в 1970 и 1981 гг. и ныне остается актуальным и востребованным. Разделы учебника по кинематической паре в механизмах, кинематике и динамике планетарных механизмов с учетом переменности структуры, расчет производительности машин с учетом нестабильности технологических процессов дополнены исследованиями, выполненными Халимом Хайдаровичем и его учениками. Поэтому актуальность, научная новизна и практическая востребованность этих разделов не теряют свою ценность.

Х.Х. Усманходжаевым разработана фундаментальная теория кинематической пары динамической конструкции эпициклических механизмов переменной структуры. Развита совместно с учениками теория импульсных и фрикционно-планетарных механизмов с переменной длиной водила, формула расчета передаточных отношений в этих механизмах обобщает ранее известные аналитические выражения, а знаменитая формула английского ученого Виллиса становится частным случаем в этом направлении. Разработаны научные основы приборов: универсальный эпи-гипоциклограф и определены коэффициенты трения-

скольжения, качения и верчения между элементами в парах. Метод расчета производительности технологических машин (особенно хлопкоуборочных машин) с учетом нестабильности технологического процесса позволяет прогнозировать их эффективность в условиях реальной эксплуатации.

Разработанная им теория кинематической пары динамической конструкции обобщает ранее выполненные отдельные исследования по разработке рабочих органов – шпинделей вертикально-шпиндельного уборочного аппарата.

В Институте механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева АН РУз под руководством Х.Х. Усманходжаева и его учеников разработана новая инновационная конструкция рабочего органа уборочного аппарата – составной шпиндель. На государственных испытаниях 1978 г. было зафиксировано повышение производительности машин на 18,2 %, а на сборе длинноволокнистого хлопка – на 24 % (1980 г.). Испытания в Болгарии в 1985 г. показали повышение производительности 4-рядной машины на 34 %.

Эти результаты позволили руководству республики во главе с Ш.Р. Рашидовым активно поддерживать инициативу ученых ИМиСС АН РУз. Далее к этим работам были активно подключены ученые, специалисты, конструкторы и производственники.

По данным ОАО «Тошкешлокамаш» с 1975 г. выпущено 34354 хлопкоуборочные машины различной конструкции с составными шпинделями и в общей сложности более 6,0 млн., шт. этих высокоэффективных рабочих органов уборочного аппарата. Они являются основными рабочими органами машин МХ-1,8, МХ-2,4.

Коллектив авторов разработки во главе с академиком Х.Х. Усманходжаевым, К.М. Иногамовым, И.Х. Файзиевым и конструкторами ГСКБ, технологами НПО «Технолог», а также производителем ПО «Ташсельмаш» были удостоены государственной премии им. Абу Райхана Беруни в 1989 г.

В развитии перспективного направления по созданию многоваличных джинов для переработки ценных тонковолокнистых сортов хлопка-сырца, выдвинутого и обоснованного академиком Х.Х. Усманходжаевым, в НПО «Хлопкопром» при участии сотрудников Ташкентского ГСКБ по хлопкоочистке, ТИТЛП, Института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз разработана новая конструкция валичного джина модульного типа.

Широкое применение получили на Ташкентском и Ленинканском (Азербайджан) текстильных комбинатах импульсные рыхлители волокнистых материалов, в основу которых заложены механизмы импульсного типа, разработанные под руководством Х.Х. Усманходжаева.

Методы, разработанные Х.Х. Усманходжаевым совместно с учениками по динамическому синтезу кулачковых механизмов, а также эпициклических механизмов с переменными передаточными отношениями, используются при разработке новых механизмов и машин и в учебных процессах.

Х.Х. Усманходжаев – участник многих совещаний, конференций, съездов, конгрессов как в нашей стране, так и за рубежом. Результаты его исследований, проведенных совместно с учениками, опубликованы в сборниках всесоюзных совещаний по теории механизмов и машин и доложены на Всесоюзных съездах по теоретической и прикладной механике, международных конгрессах по теории механизмов и машин ИФ-ТоММа.

Х.Х. Усманходжаев – автор фундаментального учебника по ТММ, трех монографий, 80 изобретений и более 300 научных и научно-популярных брошюр и статей по актуальным проблемам теории механизмов и машин. Под его руководством защищено более 40 докторских и кандидатских диссертаций.

Наряду с многогранной научной деятельностью Х.Х. Усманходжаев вел большую общественную работу. Он был членом национального комитета Международной федерации теории машин (ИФТоММ).

За развитие технических наук в республике ему присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Узбекской ССР», за внедрение в производство импульсных рыхлителей волокнистых материалов награжден знаком «Изобретатель СССР».

В ноябре 2019 г. научная общественность нашей республики отмечает 100-летие со дня рождения Х.Х. Усманходжаева и в соответствии с письмом № 06-10/2931 от 27 мая 2019г. Министерства инновационного развития РУз Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т. Уразбаева 20–21 ноября организуют конференцию, посвященную его юбилею.

Продолжая научные традиции, заложенные академиками М.Т. Уразбаевым, Х.Х. Усманходжаевым, А.Д. Глушенко, О.В. Лебедевым, в настоящее время в республике развиваются фундаментальные, прикладные исследования и инновационные работы по динамике и прочности конструкции различного назначения во главе с академиками Т.Р. Рашидовым, М. Мирсаидовым и профессорами Г. Хожметовым, А. Ишанходжаевым, Б. Мардоновым, К. Султановым и др., по сельхозмашинам (в том числе хлопкоуборочным) академиками А. Хожиевым, Ш. Юлдашевым, Р. Матчановым, А. Садридиновым, профессорами К. Каримовым, Р. Каримовым, А.А. Ризаевым, Р. Байметовым, Г. Баходировым, Д. Мухаммадиевым, Ш. Алимухамедовым, А. Шермухамедовым, М. Ташболтаевым, А. Тухтакузиевым и др. в НИИ и вузах Республики. Ученые активно участвуют в реализации в жизнь задач, определенных Президентом РУз, пяти направлениям стратегического развития республики на перспективу.

*Академик АН РУз Т. Рашидов,
профессор А.А. Ризаев*

АКАДЕМИК ҲАЛИМ УСМОНХЎЖАЕВ: МАКТАБ ЯРАТГАН ОЛИМ (Ҳ.Ҳ. УСМОНХЎЖАЕВНИНГ 100 ЙИЛЛИГИГА)

Бу йил ноябр ойида таниқли механик олим, Ўзбекистонда “Машина ва механизмлар назарияси” мактабининг асосчиси ва раҳбари, ЎзР ФА академиги, Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан арбоби, Абу Райҳон Беруний номидаги Республика Давлат мукофоти совриндори, техника фанлари доктори, профессор Ҳалим Ҳайдарович Усмонхўжаевнинг 100 йиллигини илм аҳли ва кенг жамоатчилик тантанали нишонлайди. Шу муносабат билан олимнинг тўнғич ўғли Амирсаидхон Усмонхўжаев *“Академик Ҳалим Усмонхўжаев: мактаб яратган олим”* номли хотиралар китобини нашр эттирди (Тошкент: “Фан ва технология”, 2019. – 156 бет).

Китобнинг кириш сўзи муҳтарам Президентимиз Шавкат Мирзиёевнинг 2016 йил 30 декабрда академик олимлар билан учрашувда билдирган **“Илм-фан билан шуғулланиш, янги кашфиёт ва ихтиролар қилиш игна билан қудуқ қазишдек гап. Шундай экан, бу машаққатли соҳада фидокорона меҳнат қилаётган олимларимиз меҳнати таҳсин ва рағбатга муносиб”** деган фикрини эпиграф сифатида келтириш билан бошланган. Муаллиф отасининг илмий-педагогик фаолиятини ўз кўрган-билганлари, устозлари, ҳамкасблари, шогирдлари ва қариндош-уруғларининг фикрлари асосида содда ҳамда ўқимшли қилиб баён этган. Отасининг умр йўлини, инсоний фазилатларини, сурати ва сийратини қизиқарли мисоллар билан очиб бериб, фарзандлик бурчини адо этган. Ушбу китоб ёш авлодга, илм йўлига кирган тадқиқотчиларга, фанни ҳаётининг мазмуни деб билган фидойи олимларга, кенг китобхонларга ноёб мерос – ибрат мактаби бўла олади.

Китобнинг *“Отанинг устозлари – механика фанининг атоқли олимлари”* деб номланган фаслида академиклар – И.И. Артоблевский, Х.А. Рахматулин, А.А. Ильюшин, М.Т. Ўрозбоев, Ҳ.М. Абдуллаевларнинг олимга кўрсатган беғараз ёрамлари, насиҳатлари, вазифалари уларнинг фикрлари билан очиб берилган. Олимнинг эришган ютуқларида, жаҳонга танилишида устозларнинг роли ва ўрни мисоллар билан баён этилган.

“Отамда инсоний фазилатлар шаклланишида аجدодлари билан қариндошларининг таъсири” фаслида тоғасининг ўғли Моънихон Сиддиқов, тоғаси Санжар Сиддиқ (адабий таҳаллуси), қайнотаси, муфтий Эшон Бобохон ибн Абдулмажидхон ҳазратларининг бўлғуси олимга кўрсатган таъсири қизиқарли мисоллар асосида очиб берилган. Юксак инсоний фазилатларнинг шаклланишида қариндошларнинг ўрни бекиёсдир, шубҳасиз.

Китобнинг *“Қўлда пахта териш муаммосининг ечими”* фаслида олимнинг Сирдарё вилоятидаги “Малик”, Тошкент вилояти Оққўрғон туманидаги “Москва”, Наманган вилоятидаги “Гулбоғ”, Туркменистондаги “Тажан” хўжаликларида олиб борилган тажрибалар, ўз-ўзини автоматик равишда тозалаб борадиган янги шпиндель яратишдаги машаққатлар, тўсиқлар, идоралараро низолар ва тадқиқотчининг метин иродаси ҳамда собитқадамлиги конкрет мисоллар ёрдамида кўрсатиб берилган. Ушбу фаслда муаммога одилонга ёндошган, доно раҳбар Шароф Рашидовнинг роли ва ўрни очиб берилган. Амалиётчи мутахассислар – Раҳим Ражабов, Муҳиддин Полвон, ака-ука Шодиевлар, ака-ука Латиповларнинг фикрлари ва қилган ишлари ҳақидаги материаллар ҳам янги шпиндельнинг яратилиш эволюциясини очиб беради. Ўтказилган синовлар қўйидаги натижани берган: 1. Таркибий шпиндель пахтани чаноклардан илиб олувчи махсус спираль шаклидаги тишли лентага эга бўлиб, у металл ўққа ўралади ва фақат юқори қисми билан маҳкамланади. 2. Спираль лентанинг тебранма ҳаракати натижасида шпиндель тишлари орасига кириб қолган хас-чўплар, шира ва бошқа ифлосликларни автоматик равишда тозалаб боради. 3. Шпиндельни бир кунда бир марта ювиш кифоя. Иккинчи ва учинчи теримда эса уч-тўрт кунда бир марта ювса ҳам бўлади. 4. Пахтани тоза теради, ғўзанинг энг пастки қисмидаги пахталарни қолдирмайди, ерга тўкмайди ва очилмаган кўсакларни зарарламайди. 5. Таркибий шпиндельни тайёрлаш осон, кўп маблағ ва мураккаб станокларни талаб қилмайди. Асосий ишчи қисми бўлган тишли лентани, зарур бўлса, дала шароитида ҳам осонгина алмаштириш мумкин. 6. Ўрта ва ингичка толали пахтани, ҳатто уруғлик пахтани ҳам бемалол тера олади. Механик-ҳайдовчига катта енгиллик туғдиради, йиғиб-териш олинган пахтанинг юқори сифатини таъминлайди. 7. Таркибий шпиндель ўзагини бир неча йилгача сақлаш мумкин. Чунки зарур бўлганда тишли лентанинг ўзи алмаштирилади, холос.

Ушбу ихтиро юзасидан ўша пайтдаги “Ўзбекпахтамаш” бирлашмаси Бош директори Б. Турсунов, мутасадди вазирликлар раҳбарлари билан мулоқотлари ва иқтисодчи олим Ф. Адиловнинг фикрлари келтириб ўтилган. Бу сатрларни ўқир эканмиз, ҳар қандай янгилик захматли курашлар эвазига пайдо бўлишини, консерватив ғоялар тўсиқларини ёриб ўтиш ҳисобига юзага келишини англаб етгандай бўламиз. Ҳа, академик Ҳ.Ҳ. Усмонхўжаев консерватив ғояларни ёриб ўтди – ғолиб бўлди!

Китобнинг бошқа фаслларида Ўзбекистонда машинашунос олимлар мактабининг ташкил этилиш тарихи, Ватанга ва фанга фидойи хизматнинг эътирофи этилиши, шогирдлари, олимнинг илмий мероси ва ҳаётий сабоқлари ҳақида қизиқарли материаллар берилган. Китобда нафақат ғалабалар, балки юракни титратган зарбалар билан ёнма-ён кечганлиги ўз ифодасини топган.

Бир сўз билан айтганда, китоб умрини фанга бахш этган, бир умр янгиликка интилган, машаққатлардан кўрқмайдиган маърифатпарвар инсоннинг ҳаёт ва ижод йўлини ёритувчи кўзгудир. Ушбу китобни олимлар, мутахассис муҳандислар, айниқса, ёш олимлар ўқиб чиқишини тавсия қилган бўлардик. Чунки, халқ ва ҳақиқат учун курашган ўзбек олимнинг ҳаёт йўли – эзгуликка эш бўлган барча инсонлар учун ибрат мактабидир!

*Техника фанлари доктори, профессор Анвар Ризаев,
доцент, Муҳаммад Раҳим*

ЎЗБЕКИСТОНДА «МАШИНА ВА МЕХАНИЗМЛАР НАЗАРИЯСИ» ФАНИНИНГ ФИДОЙИ АСОСЧИСИ

Ўзбекистон иқтисодий ва ижтимоий тараққиёт борасида ғоят салмоқли ютуқларни қўлга киритмоқда, ҳақли равишда дунё майдонида юксак нуфузга эга бўлиб бормоқда, минтакавий ва халқаро масалаларда конструктив роль ўйнамоқда.

Таниқли механик олим, Ўзбекистонда ҳозирги замон машина ва механизмлар назариясининг асосчиси, ЎЗР ФА академиги, “Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан арбоби”, Абу Райхон Беруний номидаги давлат мукофоти совриндори, техника фанлари доктори, профессор Усмонхўжаев Ҳалим Ҳайдаровичнинг таваллуд топганларига бу йил 100 йил бўлади.

Ҳалим Ҳайдарович механика фанини Ўзбекистондаги ривож учун катта хизмат қилдилар, ушбу соҳада миллий кадрлар – муҳандислар, олимлар ва конструкторлар тайёрлаш, талабалар учун ўта муҳим бўлган “Машина ва механизмлар назарияси” фанидан 1962 йилда биринчи бўлиб ўзбек тилида дарслик яратдилар, уни 1970 ва 1981 йилларда қайта ишлаб нашр қилдирдилар. Ушбу китобга ҳозирги замон илмий текшириш услубларидан бири бўлган жараёнларни моделлаштириш машиналари, муаллиф томонидан яратилган янги универсал “эпигипоциклограф” асбоби, электрон модели механизмлар кинематикаси ва динамикасини ўрганишга татбиқ қилиш масалаларини киритилиши, ўқувчи талабаларни илмий тадқиқот соҳасида ишлатиладиган электрон ҳисоблаш машиналардан фойдаланишига кенг имкониятлар очиб беради.

Сермахсул олим 3 та монография, 88 та ихтиро муаллифи ва 300 дан ортиқ илмий мақолалар ёзган, фанимиз ривож учун ва механик-муҳандислар тайёрлаётган олий ўқув юртларида хизмат қилиш учун 40 дан ортиқ фан докторлари ва номзодларини тайёрлаб берганлар.

Ҳалим Ҳайдаровичнинг илмий ишлари асосан, машина агрегати динамикаси, пахта териш ва тозалаш машиналари, тўқимачилик машиналари назарияларини ўрганишга бағишланган. У кишининг раҳбарлигида пахта териш машиналарининг иш унумини ошириш ва пахтани тўкилишини камайтириш имконини берган таркибий шпиндель яратилиб ишлаб чиқаришга жорий қилинган. Шунингдек, вертикал шпинделли пахта териш машинаси унумдорлигини олдиндан аниқлаш формуласини ишлаб чиқдилар. Таркибий шпинделли ишлаб чиқаришга жорий қилган “Ташсельмаш” заводи ўз вақтида йилига 10 000 дона вертикал шпинделли пахта териш машиналарини ишлаб чиқарар эди. Ҳозирда ҳам ушбу шпинделлар ўз долзарблигини йўқотмаган ва домланинг шогирдлари томонидан такомиллаштирилиб “Тошкент кишлок хўжалик машиналар заводи” АЖ да янги машиналарга жорий қилинмоқда.

Ҳалим Ҳайдарович газлама тўқиш автомат станогини моқисини найчаларини алмаштиришдаги энергияни аниқлаш асбоби учун патент муаллифи, уни ишлаб чиқаришга жорий қилишда фаол иштирок этган эдилар.

Мен ўзимни академик Ҳалим Ҳайдарович Усмонхўжаев ва уларнинг устозлари академик Муҳаммадҷон Тошевчи Ўразбоевни шогирдлариман деб ҳисоблайман. М.Т. Ўразбоев ТошПИнинг ректори, 1968 – йилда менинг номзодлик диссертациямни ҳимоясида биринчи оппонент сифатида иштирок этганлар. 1985 йилда Ҳалим Ҳайдарович Усмонхўжаев менинг техника фанлари бўйича докторлик диссертациямни ҳимоясида оппонент бўлганлар. Ҳаётимда, илмий ишларимда устозларимга ўхшашга ҳаракат қиламан.

Профессор Ҳалим Ҳайдаровични Тошкент Политехника институти “Тракторсизлик ва кишлок хўжалик машиналари” факультетига таклиф қилганимизда келиб, кафедра ўқитувчилари, аспирантлари ва талабалари билан учрашиб вертикал шпинделли пахта териш машиналари устида олиб борилаётган илмий – тадқиқот ва тажриба-конструкторлик ишлари ҳақида, амалиётга, ишлаб чиқаришга жорий қилинаётган илмий ишланмалар, “Машина ва механизмлар назарияси” ва “Пахта териш машиналари назарияси ва ҳисоби” фанлари бўйича сўнгги янгиликлар тўғрисида маърузалар ўқир эдилар. Айниқса ҳозир вертикаль шпинделли пахта териш машиналарида қўлланаётган таркибий шпиндель тўғрисидаги саволлар ушбу маърузаларда кўп берилар эди. Ҳалим Ҳайдаровични ўзлари ҳам машғулотлардан хурсанд бўлиб чиқар, маърузада фаол қатнашган талабаларга ўз китобларини совға қилиб ўзларига шогирдликка таклиф қилар эдилар.

Академик Ҳ.Ҳ. Усмонхўжаев хотираси доимо ёдимизда қолади.

ЎзҚХФА академиги А.С. Садриддинов

УСТОЗЛАР УСТОЗИ

Мен, академик Ҳалим Ҳайдарович Усмонхўжаевни 1958 йилдан танирдим. Шу йили мен Тошкент тўқимачилик институтига энгил саноат йуналиши бўйича ўқишга кирган эдим. Устоз Ҳ.Ҳ. Усмонхўжаев факультетимиз декани эди. У киши ёшларга жуда ғамхўр инсон эди. Яхши эсимда 1960 йили Ҳалим Ҳайдарович Ўзбекистон Фанлар Академияси Механика институтига ишга чақирилади ва у киши “Машина ва механизмлар назарияси” лабораториясини бошқара бошлайди. Мен бир йил давомида устоздан кўп нарсани ўргандим.

1963 йилда институтни ҳам тугатдим ва йўлланма билан ишлаб чиқаришда ишлаб юрдим. Кўп ўтмай, Ҳалим Ҳайдарович менга катта ишонч билдириб ва умид билан қараб, Ўзбекистон Фанлар Академиясининг Механика институти “Машина ва механизмлар назарияси” лабораториясига стажёр-тадқиқотчи вазифасига таклиф қилди. Хурсанд бўлдим. Стажёрликни тугатиб аспирантурага кирдим. Ҳалим Ҳайдаровичнинг ўзлари менга раҳбар бўлдилар.

Аспирантурага киргач илмий ишим мавзуси “Пахта тозалаш саноатида валикли джинлар ишини такомиллаштириш”га бағишланди. Бу менинг мутахассислигимдан анча узоқ эди. Кейин билсам, валикли джинлар паст ишлаб чиқариш кўрсаткичлари, ишлаш жараёнида чигитнинг эзилиши, толанинг узилиши каби хислатлари билан кўплаб маҳсулотларнинг яроқсиз бўлишига олиб келаётган экан. Шу боисдан ҳам, Республика “Пахта тозалаш саноати” вазири Фанлар Академиясига махсус хат билан мурожаат қилиб, ингичка толали пахта хомашёсини технологик қайта ишлаш жараёнини такомиллаштириш ва юқоридаги камчиликларни бартараф этиш мақсадида амалий ёрдам кўрсатишни сўраган экан.

Устоз Ҳалим Ҳайдарович шу хатга асосан менга валикли джин ишини ўрганиш, унинг иш жараёнида чигитни эзилиши, толани узилиши сабабларини аниқлаш каби топшириқларини берган экан. Шунда мен устозга, Ҳалим Ҳайдарович мен “Тикув буюмлари технологияси” мутахассислигини тугатганман. Сиз берган вазифа менинг соҳамдан узоқ деб эътироз билдирдим. Устоз эса ҳеч иккиланмай Хайридинжон – “мен ҳам тикувчилик мутахассислигини тугатганман, пахтани дастлабки қайта ишлаш соҳаси билан унча яхши таниш эмасман. Бунинг устига бизга махсус илтимос хати келди, биз унга жавоб беришимиз керак, бу бизнинг обрўйимиз бўлади” дедилар.

Устоз шундай деб, менинг қўлимга ўша хатни бердилар ва 2 ой ичида Тошент тўқимачилик ва энгил саноат институти, Пахта тозалаш саноати марказий илмий-тадқиқот институти кутубхоналарида, А. Навоий номидаги республика миллий кутубхонаси ўқув залидаги соҳага оид номзодлик ва докторлик диссертацияларини ўрганиш каби вазифаларни қўйди. Мен бу ишни бажариб, материалларни тўплаб, ўрганиб чиққанамдан сўнг устоз барча тўпланган материалларни биргаликда таҳлил қилиш ва бир хулосага келиш учун олиб боришимни сўрадилар.

Шундай қилиб, академик устоз Ҳалим Ҳайдаровичнинг ҳар қандай ишга ўта масъулият билан ёндашуви, ўзига ва шогирдларига бўлган талабчанлиги билан республика пахта тозалаш саноатининг ингичка толали пахтани дастлабки технологик қайта ишлаш жараёнида мавжуд бўлган камчилик ва нуқсонлар бартараф этилишида хизматлари бекиёсдир.

Шунингдек, кейинчалик ҳам устоз Ҳалим Ҳайдаровичнинг ташаббуслари ва бевосита раҳбарлигида қишлоқ хўжалиги ва пахта тозалаш саноати раҳбарияти сўровномалари ва хўжалик шартномалари асосида қатор илмий-тадқиқотлар олиб борилди, уларнинг натижалари буюртмачилар томонидан ижобий қабул қилинди. Валикли джинларнинг ишлаш жараёнини ўрганиш натижасида яратилган янги варианты учун патент ва СССР ихтирочиси деган муаллифлик гувоҳномасини ҳам олдик.

Ҳа, Ҳалим Ҳайдарович Усмонхўжаев ҳақиқий олим, устоз эди. Мен устоздан нафақат илм сирларини, балки ўзим учун энг муҳим бўлган ва ҳаётимда амал қилиб яшаган инсонийлик фазилатларини ўргандим. Устоздан бир умрга миннатдорман ва қарздорман. Охиратлари обод бўлишини Оллоҳдан сўрайман.

Устоз республикаимизда, Марказий Осиёда, қолаверса собиқ иттифокда пахтачилик ва пахта тозалаш саноати ривожланишига муносиб ҳисса қўшган йирик олимлардан бўлиб, ўнлаб фан номзодлари ва фан докторларини тайёрлаб чиқардилар. Мен ҳам шундай буюк олим, бағри кенг инсоннинг шогирди бўлганлигимдан фахрланаман.

Устоз Ҳалим Ҳайдаровичнинг хотираси олимлар ва шогирдлари қалбида абадий яшайди. Хусусан, Тошкент тўқимачилик ва энгил саноат институтида устознинг илмий ишларини тарғиб қилувчи бурчак ташкил этилган. Талабалар учун у кишининг номидаги стипендия ҳам таъсис этилган. Шунингдек, устознинг “Машина ва механизмлар назарияси” бўйича дарслиги ўзбек тилида бир неча бор нашрдан чиққан.

Шунингдек, устоз ҳақидаги кўплаб материаллар ТТЕСИ ва ПТСМИТИ кутубхона ва музейларида ҳам сақланмоқда. Устознинг кўплаб илмий ахборот ва мақолалари конференция, ҳамда симпозиумларда эълон қилинган ва эътироф этилган. Устоз ўзининг кўп йиллик ва самарали меҳнати учун ҳукуматнинг бир қатор орден, медаллари ва фахрий ёрликларига сазовор бўлган.

Ҳа, устоз Ҳалим Ҳайдарович ўз халқининг, ватанининг фидойи, содиқ фарзанди эди. Устознинг номи ва ишини улуғлаётганларни Оллоҳ улуғласин ва ўз баҳосини берсин.

*Тошкент тўқимачилик ва энгил саноат институти
доценти, т.ф.н. Ҳ.Ҳ. Самархўжаев*

ЎЗБЕКИСТОННИНГ МЕХАНИК ОЛИМЛАРИ

КОШЕВНИКОВ ГЕОРГИЙ АНТОНОВИЧ (1904 – 1975)

Муҳандис-конструктор, Ўзбекистон қишлоқ хўжалик ФА академиги, Ўзбекистон ФА муҳбир-аъзоси, Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан ва техника арбоби, Ўзбекистонда хизмат кўрсатган механизатор, техника фанлари доктори, профессор.

У 1904 йил 13 апрелда Белоруссиянинг Слоним шаҳрида таваллуд топган. 1930 йилда Ўрта Осиё пахтачилик-ирригация политехника институтини битирган. 1930-1939 йилларда Тошкент қишлоқ хўжалик машинасозлиги (“Ташсельмаш”) заводида бош технолог, бош конструктор ва бош муҳандис лавозимларида ишлаган. 1931 йилдан Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтида “Механизмлар назарияси ва машина деталлари” кафедрасининг мудири, 1957-1961 йилларда Ўзбекистон қишлоқ хўжалик ФА қишлоқ хўжалигини механизациялаш ва электрлаштириш бўлимининг академик-котиби, 1961 йилда шу академиянинг ҳақиқий аъзоси қилиб сайланган. 1965 йилда собиқ иттифок Машинасозлик вазирлиги тасарруфидаги илмий-техникавий жамият аъзолигига сайланган.

Илмий ишлари қишлоқ хўжалиги машинасозлигини механизациялаш муаммоларига бағишланган. Олим қишлоқ хўжалиги ишлаб чиқаришини ва қишлоқ хўжалиги машинасозлигини механизациялаш илмий мактабини яратган.

1955 йилда техника фанлари доктори илмий даражасини олиш учун диссертация химоя қилган. Шу йили олимга “Профессор” илмий унвони берилган. У 1968 йили ЎзР ФА муҳбир-аъзоси этиб сайланган.

Олим 100 дан ортиқ илмий асарлар ёзган, ихтиролари учун бир қанча муаллифлик гувоҳномаларига эга, кўплаб илмий тўпламларга масъул муҳаррирлик қилган.

Олимнинг қишлоқ хўжалиги машинасозлиги соҳасидаги хизматлари давлатимиз томонидан муносиб тақдирланган. У уч марта “Меҳнат Қизил Байроқ” ордени ва бир қанча медаллар билан мукофотланган. 1954 йилда “Ўзбекистонда хизмат кўрсатган механизатор”, 1964 йилда “Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан ва техника арбоби” фахрий унвонлари берилган.

У 1975 йил 16 июлда Тошкентда вафот этган.

Асосий асарлари:

1. “Тошсельмаш” нинг ўн тўрт панжали культиватори. Тошкент, 1935. – 22 б.
2. «Ташсельмашзавод» им. К.Ворошилова. Руководство по сборке и эксплуатации приспособления для высева удобрения к тракторному плугу «ТП-3». Ташкент, 1936.
3. Механизация трудоемких работ на стройках коммунизма. Ташкент: Госиздат УзССР, 1953. – 43 с.
4. Вопросы механизации сельского хозяйства. Ташкент: ТИИИМСХ, 1957. – 360 с.
5. Машины для уборки и очистки хлопка. Ташкент: Госиздат УзССР, 1958. – 272 с.
6. Передачи. Программированное учебное пособие по выполнению домашнего задания по деталям машин. Ташкент: ТИИИМСХ, 1974. – 28 с.

У ҳақидаги адабиётлар:

1. ЎзМЭ. 2003. Т. 5. – 75 б.

ХОЖИНОВА МАҚСУДА АЪЗАМОВНА (1912 – 1981)



Механика соҳасидаги олима, Ўзбекистон ФА академиги, техника фанлари доктори, профессор, Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан ва техника арбоби.

У 1912 йил 8 июлда Тошкент шаҳрида таваллуд топган. 1929 йилда Тошкент иқтисод-саноат техникумини, 1936 йилда Г.В.Плеханов номидаги Москва Халқ хўжалиги институтини тугатган. 1936 – 1937 йилларда Ўзбекистон савдо вазирлигида ишлаган. 1944 – 1952 йилларда Тошкент тўқимачилик институтида ўқитувчи, катта ўқитувчи, доцент, 1957 – 1973 йилларда шу институт ректори, аynи вақтда “Тўқимачилик материалшунослиги” кафедраси мудири (1957 йилдан умрининг охиригача) лавозимларида ишлаган.

У 1946 йилда “Тола, ип-газламаларнинг мустаҳкамлигини аниқлашдаги рационал методларни излаш” мавзусида техника фанлари номзоди, 1958 йилда “Пахта толасининг хоссаларига ва ундан йиғирилган ип сифатига механикавий шикастланишнинг таъсири” мавзусида техника фанлари доктори илмий даражасини олиш учун диссертацияларни химоя қилган.

У 1959 йилда “Профессор” илмий унвонига сазовор бўлган, 1960 йил ЎзР ФА муҳбир-аъзоси, 1966 йилда академиклигига сайланган. Олима ўзбек аёлларидан етишиб чиққан биринчи техника фанлари доктори, қалдирғоч академиклардан бири эди.

Илмий ишлари пахта, каноп (зиғир) толаларининг механик хоссаларини ўрганишга оид. Ўзбекистонда тўқимачилик саноатини ривожлантиришга катта ҳисса қўшган. У калта каноп толасидан тўқимачилик ипи олиш технологиясини ишлаб чиқди ва саноатга татбиқ этди. Олима газлама пухталигини синашнинг самарали усулини яратди. У пахта толаларининг шикастланишини микроскопик усулда аниқлаш ва уни баҳолаш, тутун газларда пахта толасини қуриштиришнинг структураси, пухталиги ва эластиклик хусусиятига таъсирини, қуёш нурунини каноп толасига таъсирини ўрганиш, ипларни ишлаб чиқариш жараёнида пахта толасининг биологик шикастланишини текшириш, пиллакашлик жараёнида кимёвий толалардан аралаш ип олишга оид илмий ишлар муаллифи.

У Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти ректори лавозимида ишлаган даврда (1957-1973 йиллар), институтнинг моддий-техникавий базасини мустаҳкамлашга, янги мутахассисликлар ва кафедралар ташкил этишга, илмий-педагогик кадрлар тайёрлаш ва уларнинг сифатини оширишга алоҳида аҳмият бериб, ташкилотчилик қобилиятини намоён қилган. 1957 йилда “Тўқимачилик материалшунослиги” кафедрасини ташкил этиб, умрининг охиригача кафедрага мудирлик қилган. 1961–1981 йилларда пахта ва бошқа толаларнинг тузилиши, хусусиятлари, механик шикастланишлари ва уларнинг сабабларига оид Фанлар академияси билан бирлашган илмий-текшириш лабораториясининг раҳбари бўлган.

Олима 200 дан ортиқ илмий асарлар ёзган, бир қанча муаллифлик гувоҳномасига эга, кўплаб монография ва илмий тўпламларга масъул муҳаррирлик қилган. Тўқимачилик соҳаси учун 6 та фан докторлари ва 15 дан зиёд фан номзодларини етиштириб берган.

Олиманинг серқирра илмий-педагогик фаолияти давлатимиз томонидан муносиб тақдирланган. Унга 1964 йилда “Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан ва техника арбоби” фахрий унвони берилган. Собик иттифокнинг кўплаб орден ва медаллари, жумладан, 1961 йилда “Ленин ордени”, Ўзбекистон Олий Совети Президиумининг “Фахрий ёрлиғи” билан мукофотланган.

У 1981 йил 18 ноябрда вафот этган.

Асосий асарлари:

1. Влияние повреждения хлопковых волокон на качество текстильного сырья. Ташкент: Фан, 1963. – 144 с.
2. О машинном сборе и урожайности хлопка по СССР за 1955–1965 гг. Ташкент: УзИНТИ Госплана Узбекистана, 1966. – 36 с.
3. Научные достижения текстильной промышленности // Известия АН РУз. Серия техн. наук. 1967. № 5. С. 30 – 31.
4. Параметрическая модель подбора сырья для производства холостопрощивных нетканых полотен // Известия АН РУз. Серия техн. наук. 1972. № 3. С. 83 – 85.
5. Определение степени набухания и высыхания нитей ткани: методы фотометрии // Доклады АН РУз. 1978. № 3. С. 21 – 22.
6. Методические указания к лабораторному практикуму по курсу “Текстильное материаловедение”. Ч. 1. Ташкент: ТТЕСИ, 1983. – 73 с.

У ҳақдаги адабиётлар:

Юханов О. Путь в науку. Ташкент: “Правда Востока” и “Қизил Ўзбекистон”, 1947. – 26 с.; Ўз МЭ. Т. 11. 2005. – 370 б.; Барҳаёт сиймо. М.А. Ҳожинованинг 100 йиллигига бағишланган хотиралар / Муаллиф ва муҳаррир: доц. А.А.Абдуғаффоров. Тошкент: ТТЕСИ, 2012. – 142 б.; Давыдова Э. Исследователь и педагог // Правда Востока. 1950. 8 марта; Будников В.И. Первая женщина – узбечка, доктор технических наук // Газета «Текстильщик». 1958. 10 мая; Интилганга толе ёр. “Ўзбекистон хотин-қизлари”. 1963. № 5. 8 – 10 б.; Академик М.А.Ҳожинованинг 105 йиллик таваллудига бағишланган “Фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида инновацион технологияларнинг долзарб муаммолари. Тўқимачи, 2017” мавзусидаги Республика илмий-амалий анжумани материаллари. Тошкент: ТТЕСИ, 2017. – 424 б.

БУЗИН ЕВГЕНИЙ ИВАНОВИЧ (1916 – 1969)

Механика соҳасидаги олим, Ўзбекистон ФА муҳбир-аъзоси, техника фанлари доктори, профессор.

У 1916 йил 24 февралда Россиянинг Оренбург вилоятида таваллуд топган. 1939 йилда Ўрта Осиё давлат университетининг математика-механика факультетини тамомлаган. 1939-1940 йилларда Ўрта Осиё индустриал институтида ўқитувчи, катта ўқитувчи, доцент, 1941-1943 йилларда иккинчи жаҳон урушида иштирок этиб, немис-фашист босқинчиларига қарши жангларда ярадор бўлиб қайтган. 1948-1950 йилларда Ўзбекистон ФА Президиуми техника ва геология-кимё фанлари бўлимида илмий котиб, 1950-1955 йилларда Ўзбекистон ФА Математика ва механика институтида катта илмий ходим, 1955-1959 йилларда Фрунзе политехника институтида кафедра мудир, 1959-1969 йилларда Тошкент темир йўл муҳандислари институти “Амалий механика” кафедраси мудир, Ўзбекистон ФА Механика ва иншоотларнинг сейсмик мустаҳкамлиги институтида бўлим бошлиғи лавозимларида ишлаган.

1957 йилда техника фанлари доктори илмий даражасини олиш учун диссертация химоя қилган. 1959 йилда унга “Профессор” илмий унвони берилган. У 1962 йилда ЎзР ФА мухбир-аъзолигига сайланган.

Илмий ишлари деформацияланувчан қаттиқ жисмлар, суюқлик ва газ механикаси назарияларига бағишланган. Олим 50 дан зиёд илмий асарлар ёзган. У 1969 йил 26 апрелда Тошкентда вафот этган.

У ҳақидаги адабиётлар:

1. Ўз МЭ. 2001. Т. 2. – 236 б.

САЛИМОВ ОҚИЛ УМРЗОҚОВИЧ (1928 г. ТОШКЕНТ)

Техника соҳасидаги олим, давлат ва жамоат арбоби, техника фанлари доктори, профессор, Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан арбоби, Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалиги ФА академиги.

У 1928 йил 24 декабрда Тошкент шаҳрида хизматчи оиласида таваллуд топган. Ўрта Осиё индустриал институтини тугатган (1950), Москва автомобиль заводида (ЗИЛ) муҳандис-технолог, Москва автомобиль йўллари институти аспиранти (1950 – 1953), ТошТУ да ассистент, доцент, кафедра мудири, декан, проректор (1953 – 1965), ректор (1992 – 1994). Ўзбекистон КП Марказий Комитети фан ва ўқув юртлари бўлим мудири ўринбосари, мудири (1966 – 1970), МК котиби (1971 – 1984), Ўзбекистон Олий Совети Президиуми раиси (1984 – 1987), Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институтида ректор (1987 – 1992), Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус таълим вазири (1994 – 1998) лавозимларида ишлаган. 1998 йилдан ҳозиргача Олий мактаб халқаро фанлар академиясининг Ўзбекистон бўлими президенти, Республика истеъдодли ёшлар “Улуғбек” жамғармаси раиси бўлиб ишлаб келмоқда.



Олимнинг асосий илмий ишлари автомобилсозлик соҳасига бағишланган. Автомобил двигатели қувватини ошириш, юқори фойдаланиш коэффициентига эга бўлган генераторларни ишлаб чиқаришда, машина деталларининг кўп йилга чидамлилигини оширишда унинг илмий тадқиқотлари ҳиссаси каттадир. У 1953 йилда техника фанлари номзоди илмий даражасини олиш учун “Иссиқ муҳит шароитида ишлайдиган автотрактор двигателининг совутиш тизимини тадқиқ этиш” мавзусида, 1978 йилда техника фанлари доктори илмий даражасини олиш учун “Ёқилғи билан ишлайдиган двигателда суюқ ёқилғи ёнишининг интенсификация жараёнлари ва суюқлик пуркашнинг электростатик назарияси масалалари” мавзусида диссертация ёқлаган.

Унга 1978 йилда “Профессор” илмий унвони берилган, 1990 йилда Ўзбекистон қишлоқ хўжалиги фанлари академиясининг академиги қилиб сайланган. У Нью-Йорк фанлар академиясининг, Олий мактаб Халқаро фанлар академиясининг, Халқаро транспорт академиясининг аъзосидир.

У юқори партия ва давлат лавозимларида ишлар экан, Ўзбекистонда олий таълим тизимини ривожлантиришга, таълим муассасаларининг моддий-техника базасини мустаҳкамлашга, малакали кадрлар етиштиришга муайян ҳисса қўшди.

Олим давлат ишлари билан банд бўлишига қарамай, 4 та монография, 80 дан ортиқ рисола ва илмий мақолалар ёзган, 13 та кашфиёт қилган, кўплаб монография ва илмий тўпламларга масъул муҳаррир бўлган. Унинг илмий раҳбарлигида 10 дан ортиқ фан доктори ва 20 дан ортиқ фан номзоди тайёрланган.

Олимнинг илмий ва ижтимоий-сиёсий фаолияти давлатимиз томонидан муносиб тақдирланган. Унга 1978 йилда “Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан арбоби” фахрий унвони берилган. 1996 йилда «Дўстлик», 1999 йилда «Эл-юрт хурмати» орденлари, 2003 йилда «Ўзбекистон мустақиллигининг 12 йиллиги» медали ва бошқа орденлар билан мукофотланган.

Асосий асарлари:

1. Некоторые вопросы теории электростатического распыливания жидкостей. Ташкент: Фан, 1966. – 5 п.л. (в соавторстве).
2. Анализ использования металлорежущего оборудования на машиностроительных предприятиях. Ташкент: УзНИИТИ, 1991. – 10 п.л. (в соавторстве).
3. Качество топлива и надёжность автотракторных двигателей. Ташкент: Фан, 1991. – 8 п.л. (в соавторстве).
4. Вопросы теории электрического распыливания и интенсификации процессов сгорания жидких топлив. Ташкент: Фан, 1968. – 5 п.л. (в соавторстве).
5. Автомобил ва трактор двигателлари. Тошкент: Ўқитувчи, 1992. – 32,5 б.т.
6. Актуальные вопросы ресурсосберегающей и природоохранной деятельности на автотранспорте. Ташкент: Ўзбекистон, 1994. – 18 п.л. (в соавторстве).

7. Русча-ўзбекча политехника атамалари луғати. Тошкент: Фан, 1995. – 18,9 б.т.
У ҳақидаги адабиётлар:
 1. Ўз МЭ. 2004. Т. 7. 447 б.
 2. Чингиз Айтматов. Садокатли дўст // Ҳаёт фалсафаси – яхшилик. Тошкент: ТАЙИ, 2003. 22–23 б.
 3. Шавкат Мирзиёев. Ўтиқоди бутун, мақсади эзгу // Ҳаёт фалсафаси – яхшилик. Тошкент: ТАЙИ, 2003. 26 – 29 б.
 4. Ҳаёт фалсафаси – яхшилик /О.У. Салимов ҳақида хотиралар. Тошкент: ТАЙИ, 2003. – 180 б.

МАҲКАМОВ РУФАТ ҒУЛОМОВИЧ (1930 – 2018)



Машинасозлик технологияси бўйича таникли олим, техника фанлари доктори, профессор, ЎЗР ФА академиги.

У 1930 йил 16 октябрда Тошкент шаҳрида таваллуд топган. 1948 йилда Ўрта Осиё индустриал институти (ҳозирги Тошкент давлат техника университети) механика факультетига ўқишга қабул қилинган, 1950 йилда Москва Бауман номидаги Олий техника ўқув юртиниг 3-курсига кўчирилган, мазкур ўқув юртини 1954-йилда машинасозлик технологияси, металлқесувчи станоклар ва асбоблар мутахассислиги бўйича битирган. 1957-йилда Москва Бауман номидаги Олий техника ўқув юртиниг аспирантурасига кирган ва 1961-йилда “Қаттиқ қотишмаларни жилвирлашда дарзлар пайдо бўлишини экспериментал тадқиқ этиш” мавзусида номзодлик диссертациясини ҳимоя қилган. 1961-62-йилларда Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Президиумида янги ташкил этилган техника фанлари бўлимида фаолият кўрсатган. 1962-йилда Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институтига ишга ўтган. 1965-йилда “Доцент” илмий унвонига эга бўлган. 1969-йилда ТТЕСИда “Тўқимачилик машинасозлик технологиси” кафедрасини ташкил этган ва уни кўп йиллар бошқарган. 1976-йилда “Тола сифатини ошириш мақсадида пахта тозалаш машиналари ишчи органлари юзаларини тадқиқ этиш ва улар параметрларини оптималлаштириш” мавзусида диссертациясини муваффақиятли ҳимоя қилиб, техника фанлари доктори илмий даражасига эга бўлган. 1978-йилда “Профессор” илмий унвони берилган. 1984-йилда ЎЗР ФА муҳбир-аъзоси, 2000 йилда ҳақиқий аъзоси қилиб сайланган. 1990 йилда ЎЗР ФА Президиуми механика, бошқарув жараёнлари ва информатика бўлимининг аъзоси, 1995 йилдан ушбу бўлимнинг раис ўринбосари қилиб сайланган.

Илмий ишлари машинасозлик технологияси соҳасига бағишланган бўлиб, пахта саноати машиналари ишчи органлари юзалари параметрлари тола сифатига таъсирини ўрганиш ва уларни оптималлаштириш йўллари ва усулларини излашдан иборат. У пахта етиштирувчи мамлакатлар тажрибаларини Ўзбекистон билан киёсий ўрганиб, тола сифатини оширишнинг оптимал йўллари ва усулларини ишлаб чиққан.

Сермахсул олим педагогик фаолият билан бир қаторда 6 та монография, 1 та дарслик, 230 дан ортиқ илмий мақолалар ёзган, 25 та ихтироси учун муаллифлик гувоҳномасига эга, кўплаб монография ва илмий тўпламларга масъул муҳаррирлик қилган. Фанимиз равнақи учун 2 та фан доктори, 23 та фан номзоди тайёрлаб етиштирган. Олим Лаббок (АҚШ), Тайпей (Тайвань), Вильнюс университетларида маърузалар ўқиган. У илмий даража берувчи бир неча илмий Кенгашларнинг аъзоси, Ўзбекистон ОАК нинг техника фанлари бўйича Эксперт Кенгаши аъзоси бўлган.

Олимнинг илмий-педагогик фаолияти давлатимиз томонидан муносиб баҳоланган. 1978 йилда “Ўзбекистон Республикасида хизмат кўрсатган фан арбоби” фахрий унвони берилган. 1982 йилда Ўзбекистон Республикаси Олий Совети Президиумининг “Фахрий ёрлиғи” билан тақдирланган.

У 2018 йил 26-июлда вафот этган.

Асосий асарлари:

1. Основы процесса взаимодействия поверхностей твердых тел с волокнистой массой. Ташкент: Фан, 1979. – 6 п.л.
2. Повышение технологической надежности хлопкоочистительных машин, работающих в ударном режиме. Ташкент: Фан, 1989. – 1 п.л.
3. Триботехника асослари / Ўқув қўлланма. Тошкент.: ТТЕСИ, 2007. – 117 б. (ҳаммуаллифликда).
4. Развитие науки о резании металлов. М.: ВНИИ «Алмаз», 1967. – 1 п.л.

У ҳақида адабиётлар:

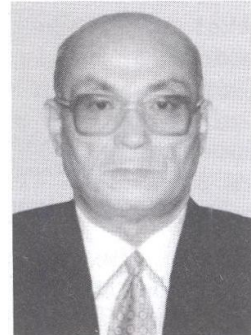
1. Моя жизнь в назидание потомкам. Ташкент: ТТЕСИ. – 112 с.

Маҳкамов Руфат Ғуломовичнинг 70 йиллигига бағишланган хотиралар тўплами. / Тузувчи ва муҳаррир: т.ф.н. А.А. Абдуғафуров. Тошкент: ТТЕСИ, 2000. – 22 б.

ШИРИНҚУЛОВ ТОШПЎЛАТ ШИРИНҚУЛОВИЧ (1937 – 2009)

Таниқли механик олим, ЎзР ФА академиги, техника фанлари доктори, профессор.

У 1937 йил 3 февралда Самарқанд вилояти, Қўшработ туманининг Тегирмоновул қишлоғида таваллуд топган. 1955 – 1960 йилларда Ўзбек давлат университети (ҳозирги СамДУ) механика-математика факультетида таҳсил олган. 1960 – 1973 йилларда ЎзР ФА Механика институтида катта лаборант, кичик илмий ходим, катта илмий ходим, 1973 – 1975 йилларда Тошкент политехника институтида “Қурилиш механикаси ва иншоотлар зилзилабардошлиғи” кафедраси мудири, 1975 – 1986 йилларда Самарқанд давлат меъморчилик-қурилиш институти ректори, 1986 йилдан умрининг охиригача шу институтнинг “Материаллар қаршилиғи” кафедраси мудири, ЎзР ФА Самарқанд бўлими раҳбари лавозимларида ишлаган.



У 1965 йилда “Ўйилувчанлик назариясининг контакт масалаларидаги баъзи муаммоларнинг тадқиқоти” мавзусида физика-математика фанлари номзоди, 1970 йилда “Мухандислик конструкциялари ўйилувчанлик назариясининг контакт масалалари” мавзусида физика-математика фанлари доктори илмий даражасини олиш учун диссертация ҳимоя қилган. 1974 йилда “Профессор” илмий унвонини олган, 1989 йил ЎзР ФА мухбир-аъзолигига, 1990 йил Халқаро Мухандислар академиясининг мухбир-аъзолигига, 1994 йил ЎзР ФА академиклигига сайланган.

Олимнинг илмий ишлари ўйилувчанлик назариясининг квазистатик ва динамик текис ва фазовий контакт масалалари, чизикли деформацияланувчи асослар учун туташув масалалари, биржинслимас асосда ўтувчи мухандислик конструкцияларини ҳисоблаш назарияси, биржинслимас наслий-эскирувчи грунтлар консолидацияси назариясига бағишланган. Унинг қўп йиллик тадқиқотлари 5 та монография, 200 дан ортиқ илмий мақолаларда ўз аксини топган. Фанимиз равнақи учун 5 та фан доктори, 33 тадан ортиқ фан номзоди тайёрлаб берган, қўплаб илмий тўпламларга масъул муҳаррирлик қилган. Олимнинг бевосита ташаббуси билан Самарқанд шаҳрида 10 га яқин Халқаро анжуманлар ўтказилган. У Япония (1997, 2001), Ҳиндистон (1977, 1987), Эрон (2001), Швеция (1982) каби мамлакатларда ўтказилган халқаро конференция ва симпозиумларда маъруза қилиб, Ўзбекистон илмини жаҳонга танитди. Сам ДАҚИ да ректорлик даврида қўплаб иқтидорли ёшларни тарбиялаб, марказий шаҳарларга жўнатиб, институт илмий салоҳиятини 92 % га кўтарган. Ҳозир институтда иқтидорли талабалар учун олим номидаги махсус стипендия таъсис этилган.

Олимнинг илмий-педагогик ва ижтимоий фаолияти давлатимиз томонидан муносиб баҳоланган. У 1980 йил “Ҳурмат белгиси” ордени, 1970 йил “Шавкатли меҳнати учун”, 1995 йил “Шуҳрат” медаллари, 1992, 2001, 2006 йилларда “Мустақиллик” кўкрак нишони билан тақдирланган. 1990 – 1995 йилларда Ўзбекистон Олий Мажлиси депутати бўлган. У 2009 йил вафот этган.

Асосий асарлари:

1. Методы расчета конструкций на сплошном основании с учетом ползучести. Ташкент: Фан, 1969. – 264 с.
2. Расчет инженерных конструкций на неоднородном основании. Ташкент: Фан, 1972. – 244 с.
3. Ползучесть и консолидации грунтов. Ташкент: Фан, 1986. – 392 с. (в соавторстве).

У ҳақидаги адабиётлар:

1. Ширинкулов Т.Ш. Биобиблиография. Тошкент: Фан, 1997. – 45 б.
2. Ўз МЭ. 2005. 10-том. – 77–78 бетлар.
3. Материалы международной конференции, посвященной 70-летию академика АН РУз Т.Ш. Ширинкулова на тему: «Современные проблемы механики». 28 – 29 июня 2007 г. Самарканд: СамГАСИ. 2007. Книга I – V.
4. Материалы международной научно-технической конференции «Современное состояние и перспективы развития строительной механики на основе компьютерных технологий и моделирования», посвященной 80-летию академика АН РУз Т.Ш. Ширинкулова. 16 – 17 июня 2017 г. Самарканд: СамГАСИ, 2017.

МУБОРАКОВ ЁРМУҲАММАД НУРУПОВИЧ (1944 – 1999)



Деформацияланувчан каттик жисмлар механикаси соҳасидаги таникли олим, техника фанлари доктори, профессор, ЎзР ФА академиги, Абу Райҳон Беруний номидаги Ўзбекистон Республикаси давлат мукофоти ва Республика ёшлар иттифоқи мукофоти совриндори.

У 1944 йил 22 апрелда Қозоғистон Республикаси, Олмаота вилояти, Уйғур тумани, Кетмон қишлоғида таваллуд топган. Қишлоқдаги ўрта мактабни олтин медал билан тамомлаб, 1961 йили Тошкент давлат университетининг механика-математика факультетига ўқишга кирган ва 1970 йили мазкур университетни имтиёзли диплом билан тугатган. Ўқиш давомида уч ярим йил чегара қўшинлари сафида ҳарбий хизматни ўтаб келган. 1970 -1997 йилларда ЎзР ФА М.Т.Ўрозбоев номидаги Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида кичик илмий ходим, аспирант, катта илмий ходим, лаборатория мудир, илмий ишлар бўйича директор муовини, партия ташкилоти раҳбари, директор, 1997 – 1999 йилларда ЎзР ФА Президиумининг аъзоси, Механика, бошқарув жараёнлари ва информатика бўлими раиси, Физика-математика ва техника фанлари комплекси раиси ўринбосари лавозимларида ишлаган. Серқирра ижод соҳиби ишдан бўш вақтларида Ўзбекистон телевиденияси ва радио қўмитасининг “чет элларга эшиттириш олиб бориш” бўлими, уйғур редакциясида суҳандон бўлиб ишлаган.

У 1975 йилда “Ер ости метрополитени элементларининг сейсמודинамика масалалари” мавзусида номзодлик, 1989 йилда Рига шаҳрида “Қобик қўринишидаги ер ости иншоотлари сейсמודинамикаси” мавзусида докторлик диссертацияларини академик Т.Р.Рашидов раҳбарлигида ҳимоя қилиб, техника фанлари доктори илмий даражасига эга бўлган.

Асосий илмий ишлари ер ости фазовий иншоотларини сейсмик кучлар таъсирида деформацияланиш-зўриқиш ҳолатларини тадқиқ қилишнинг назарий асосла-ини яратишга оид. Олим академик М.Т.Ўрозбоев асос солган бино ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги илмий йўналиши ривожига катта ҳисса қўшди. У устози, академик Т.Р.Рашидов яратган “Мураккаб тармоқли ер ости иншоотларининг сейсמודинамик назарияси”ни ривожлантириб, қобиксимон ер ости иншоотларига тадқиқ қилди ҳамда фазовий конструкцияли ер ости иншоотлари сейсמודинамик назарияси асосида “Қобиксимон ер ости иншоотларининг сейсמודинамик назарияси”га асос солди. У ушбу соҳада дунёда эътироф этилган бир қанча назарий ва тажрибавий натижаларни олишга эришди. Шу боис ер ости иншоотлари сейсмик мустаҳкамлиги йўналишида тўлқин назарияси ривожлана бошлади. Унинг илмий ишлари натижалари Тошкент метрополитени, София метрополитени, Байкал-Амур транспорт туннелларини қуришда, ҳарбий аҳамиятга эга бўлган махсус иншоотларни қуришда қўлланилган ва ҳозир ҳам қўлланилмоқда.

Олим 1973 йилда “Катта илмий ходим”, 1991 йилда “Профессор” илмий унвонига эга бўлган. 1995 йили эса, ЎзР ФА академиклигига сайланган. У Ўзбекистонда уйғур халқининг ичидан етишиб чиққан биринчи академикдир. Олим Чехословакия (1985), Югославия (1987), Хитой (1991), Австрия (1994), Мексика (1996) каби давлатларда нуфузли халқаро конференция ва симпозиумларда маъруза қилиб, Ўзбекистон илмини дунё ҳамжамиятига танитишда салмоқли ҳисса қўшди. У Россия назарий ва амалий механика миллий қўмитаси аъзоси, Нью-Йорк фанлар академиясининг фахрий академиги қилиб сайланган.

Унинг илмий ишлари 2 та монография, 80 дан ортиқ илмий мақолалар, 20 га яқин ихтиро ҳамда матбуотда чоп этилмаган 16 томлик ёпиқ илмий ҳисоботларда ўз ифодасини топган. Унинг бевосита амалий ёрдами билан 3 та фан доктори, унинг раҳбарлигида 8 та фан номзоди диссертация ҳимоя қилган, бир қанча илмий тўпламларга масъул муҳаррирлик қилган. У фавқулудда ходисалар бўйича МДХ ва Ўзбекистон Республикаси Кенгашининг аъзоси қилиб сайланган эди.

Олимнинг илмий ва ижтимоий фаолияти давлатимиз томонидан муносиб баҳоланган. У 1975 йилда Тошкент метрополитени сейсמודинамикаси соҳасидаги ишлари учун Республика ёшлар иттифоқи мукофоти, 1983 йилда Абу Райҳон Беруний номидаги Ўзбекистон Республикаси давлат мукофоти совриндори бўлган.

У 1999 йил 18 ноябрда Тошкент шаҳрида вафот этган.

Асосий асарлари:

1. Сейсמודинамика подземных сооружений типа оболочек. Ташкент: Фан, 1987. –192 с.
2. Сейсмические воздействия на здания и заглубленные сооружения. Ташкент: Фан, 1986. – 296 с.

(в соавторстве).

У ҳақидаги адабиётлар:

1. ЎЗМЭ. 2003. Т. 6. – 108 б.
2. Академик Ё.Н. Муборак. Хотиралар. Тошкент: МИСМИ, 2004. – 72 б.

«Ўзбекистоннинг механик олимлари» материалларини
доцент Муҳаммад Раҳим тайёрлади

КАЗАХСТАНСКОМУ ДОРОЖНОМУ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМУ ИНСТИТУТУ – 60 ЛЕТ

2-4 октября 2019 года в городе Алматы состоялся Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы дорожного строительства», посвящённая 60-летию Казахстанского дорожного научно-исследовательского института (КаздорНИИ).

КаздорНИИ, созданный в 1959 году как филиал Всесоюзного дорожного научно-исследовательского института (СоюздорНИИ), в 1992 году был преобразован в АО «КаздорНИИ».

В настоящее время АО «КаздорНИИ» является институтом дорожного профиля, полностью оснащённый оборудованием, необходимым для проведения научно-исследовательских работ, диагностики автомобильных дорог и мостовых сооружений, оценки качества дорожно-строительных материалов, транспортно-эксплуатационных показателей дорог, для выполнения которой располагает полным комплектом оборудования, установкой динамического нагружения (FWO) для определения модуля упругости дорожных конструкций, установкой по замеру силы сцепления колеса с дорожным покрытием и двумя передвижными дорожными лабораториями:

-«Dynatest», который позволяет в режиме реального времени передавать результаты исследований в банк данных эксплуатационного состояния автомобильных дорог;

-НПО «Регион», оснащённая комплексом оборудования для регистрации, оцифровки и записи цифрового видео.

Для углублённого исследования свойств дорожно-строительных материалов в АО «КаздорНИИ» имеются:

- испытательное оборудование «Суперпейв» (США);
- современный хроматограф «Градиент М» для определения группового состава битумов;
- установки для испытания устойчивости асфальтобетона к колебанию и на усталость (Великобритания);
- установка для исследования реологических свойств асфальтобетона (Германия);
- установка для рентгенографического анализа химического состава цементов (Германия);
- экспрессные приборы для оценки прочности цементобетона, плотности асфальтобетона и грунтов;
- приборы для испытания литых эмульсионно-минеральных смесей.

В работе Международной конференции приняли участие руководители, учёные и специалисты ведущих Вузов, НИИ и дорожно-строительных Компаний из 17-ти стран мира: Россия, Италия, Великобритания, Республика Беларусь, Украина, Казахстан, Узбекистан, Кыргызстан, Таджикистан и другие. В работе конференции приняли участие Каримов Б.Б - д.т.н., проф., руководитель Секретариата Межправительственного совета дорожников (Москва, Россия), Досенко В.А – президент Международной академии транспорта (Москва, Россия), президент Национальной академии наук Республики Казахстан, академик М. Журинов, заслуженный деятель Казахстана, профессор Муртазин Б.С., руководители и представители ведущих дорожно-строительных организаций Республики Казахстан.

На конференцию было представлено более 100 докладов, посвящённых общим вопросам дорожного хозяйства, проектированию, строительству и эксплуатации автомобильных дорог и искусственных сооружений, дорожным материалам и грунтам, смежным направлениям исследований.

Из Узбекистана в работе Международной конференции приняли участие д.т.н., проф. Абдужабаров А.Х. (ТашИИТ), д.т.н., проф. Ишанходжаев А.А. (ТИПСЭАД), директор Исмаилов О. и главный инженер Абдуллаев М. (АДНИИ Министерства транспорта Республики Узбекистан. На конференцию из Узбекистана было представлено и опубликовано в журнале « ВЕСТНИК КаздорНИИ» 13 докладов-статей (академик Рашидов Т.Р., доктора технических наук, профессора Хожметов Г.Х., Каюмов А.Д., Абдужабаров А.Х., Саллямова К.Д., Миралимов М.Х., Ишанходжаев А.А., кандидаты технических наук и доктора философии по техническим наукам Шермухамедов У.З., Байбулатов Х.А., Салимова Б.Д., Тулаганов А.Х., Худайкулов Р.М., Комилов С.И., Ан Е.В., специалисты-дорожники Махмудова Д.А., Икрамова Ф.Х., Зафаров О.З., Абдуллаев А.Р., Бегматов П.А., Мамадалиев А.Ю., Абдукадырова С.Н., Муслимова П.Ш. – всего 22 человека).

Академик Рашидов Т.Р., ректор ТИПСЭАД Рискулов А.А., директор АДНИИ Исмаилов О., главный инженер АДНИИ Абдуллаев М., профессора Абдужабаров А.Х., Каюмов А.Д. и Ишанходжаев А.А. награждены памятной медалью « 60-лет КаздорНИИ».

д.т.н., проф., Ишанходжаев А.А

МУНДАРИЖА

Ф.Э. Абдукадиров, А. Абдусаттаров, Т. Юлдашев. Бир қатламли кучайтирилган панелларнинг турли конструкциясини ҳисоблаш модели шакллантириш.....	3
А.И. Адилходжаев, Е.В. Щипачева, С.С. Шаумаров. Ячейкали бетон структурасини баҳолашнинг фотооптик усули.....	8
Э.С. Набиев, Н.А. Самборская. Цилиндрисмон деталларни кўп электродли эритиб қоплаш хусусиятлари.....	11
М.К. Усаров, Г.Т. Аюбов, А.С. Ювмитов. Бимоментларни ҳисобга олган ҳолда биноларнинг пластинасимон континуал модели асосида сейсмик таъсирлардаги иншоотларнинг кучланганлик-деформацияланганлик ҳолатини ҳисоблаш.....	13
Ж. Акилов, М. Джаббаров, Б. Мардонов. Бурғилаш суюқлиги циклик гидравлик таъсирининг бурғилаш қудуғи тубига таъсири.....	18
К.И. Байманов, К.К. Назарбеков, Р.К. Байманов. Ирригация тиндиргичларида чўкиндиларни чўкишини ҳисоблаш услуги.....	22
З.М. Маликов, А.Т. Йулдашев, М.Э. Мадалиев. Марказдан қочма ҳаво ўтказгичли сепараторнинг самарадорлигини экспериментал ўрганиш.....	27
Ф.Х. Назаров. $k-\varepsilon$ ва Спаларт – Аллмарас моделлари асосида ўққа нисбатан симметрик турбулент оқимнинг сонли тадқиқоти.....	30
И.К. Хужаев, С.С. Ахмаджонов, Х.Х. Аминов. Қиска қувур яқинлашуви доирасида қувур элементар қисмига газ ҳайдаш масаласининг ечими.....	35
Б.Х. Хужаёров, А.И. Усмонов. Фрактал тузилишли цилиндрик ғовак муҳитларда модданинг кўчиши.....	39
Г.К. Аннакулова, А.А. Шермухамедов, Б.Ж. Астанов. Трактор гидравлик осма тизими осма механизмнинг инерция ва момент кучларини аниқлаш услуги.....	44
А.А. Ризаев, А.Т. Йулдашев, Д.А. Қулдашев. Пахта териш машинасини иш унумини ҳисоблашнинг ўзига хослиги.....	49
К.С. Султанов, С.И. Исмоилова, Ш.Э. Туланов. Пахта ипининг мустаҳкамлигига унинг деформацияланиш тезлигини таъсири.....	53
М. Тошболтаев, Р. Худайкулиев, Х. Солиев. Саккиз қаторли культиватор билан рационал агрегатланадиган трактор русумини танлаш алгоритми.....	56
Х.С. Усманов, И.З. Аббозов, А.Т. Долиев. Тозалаш жараёнида қозикчали барабанларни пахтанинг табиий хусусиятларига таъсирининг назарий таҳлили.....	60
Х. Байбулатов, Ж. Гайибов. Наманган вилоятининг умумий фойдаланиш йўлларидаги кўприк иншоотларини кўрикдан ўтказиш натижалари.....	63

Илмий ахборотлар

Ж. Мухамедов, Д.А. Абдувахобов, Н.М. Комилов. Тупрокка ишлов бериш машиналарининг ишлаш чуқурлиги ва унинг барқарорлигини иш кўрсаткичларига таъсири.....	67
А. Парпиев, Н.А. Хусанова. Пахта намлигига пневмоузатиш тизимининг таъсири.....	70
К.С. Султанов, С.И. Исмоилова, Ш.Э. Туланов. Номунтазам динамик юкланишлар таъсиридаги пахта ипининг мустаҳкамлигини аниқлаш.....	73

Хроника

Машина ва механизмлар назарияси бўйича замонавий илмий мактаб асосчиси.....	76
“Академик Ҳалим Усмонхўжаев: мактаб яратган олим” (Ҳ.Х. Усмонхўжаевнинг 100 йиллигига).....	78
Ўзбекистонда «Машина ва механизмлар назарияси» фанининг фидойи асосчиси.....	79
Устозлар устози.....	80
Ўзбекистоннинг механик олимлари.....	81
Кошевников Георгий Антонович.....	81
Ҳожинова Мақсуда Аъзамовна.....	82
Бузин Евгений Иванович.....	83
Салимов Оқил Умрзоқович.....	83
Маҳкамов Руфат Ғуломович.....	84
Ширинкулов Тошпўлат Ширинкулович.....	85
Мубораков Ёрмуҳаммад Нурупович.....	86
Қозоғистон йўл илмий-тадқиқот институти 60 ёшда.....	87

СОДЕРЖАНИЕ

Ф.Э. Абдукадиров, А. Абдусаттаров, Т. Юлдашев. К формированию расчетной модели сетчатых конструкций-армированных однослойных пластин.....	3
А.И. Адилходжаев, Е.В. Щипачева, С.С. Шаумаров. Фотооптический метод оценки структуры ячеистых бетонов.....	8
Э.С. Набиев, Н.А. Самборская. Особенности многоэлектродной наплавки цилиндрических деталей.....	11
М.К. Усаров, Г.Т. Аюбов, А.С. Ювмитов. Расчет напряженно-деформированного состояния сооружений на основе континуальной пластинчатой модели зданий с учетом бимоментов при сейсмических воздействиях.....	13
Ж. Акилов, М. Джаббаров, Б. Мардонов. Циклические гидравлические воздействия промывочной жидкости на забой буровой скважины.....	18
К.И. Байманов, К.К. Назарбеков, Р.К. Байманов. Метод расчета осаждения наносов в ирригационных отстойниках.....	22
З.М. Маликов, А.Т. Йулдашев, М.Э. Мадалиев. Экспериментальное исследование эффективности центробежного воздушно-проходного сепаратора.....	27
Ф.Х. Назаров. Численное исследование осесимметричной турбулентной струи на основе моделей $k-\varepsilon$ и Спаларта – Аллмараса.....	30
И.К. Хужаев, С.С. Ахмаджонов, Х.Х. Аминов. Решение задачи о закачке газа в элементарный участок трубопровода в приближении «короткого» трубопровода.....	35
Б.Х. Хужаёров, А.И. Усмонов. Перенос вещества в пористых цилиндрических средах с фрактальной структурой.....	39
Г.К. Аннакулова, А.А. Шермухамедов, Б.Ж. Астанов. Методика определения сил инерции и моментов навесного механизма гидравлической навесной системы трактора.....	44
А.А. Ризаев, А.Т. Йулдашев, Д.А. Кулдашев. Особенности расчета производительности хлопкоуборочной машины.....	49
К.С. Султанов, С.И. Исмоилова, Ш.Э. Туланов. Влияние скорости деформирования на прочность хлопчатобумажной пряжи.....	53
М. Тошболтаев, Р. Худайкулиев, Х. Солиев. Алгоритм выбора модели трактора для рационального агрегатирования восьмирядным культиватором.....	56
Х.С. Усманов, И.З. Аббозов, А.Т. Долиев. Теоретический анализ влияния колковых барабанов на природные качественные показатели хлопка при его очистке.....	60
Х. Байбулатов, Ж. Гайилов. Результаты диагностики мостовых сооружений на дорогах общего пользования Наманганской области.....	63

Научные сообщения

Ж. Мухамедов, Д.А. Абдувахобов, Н.М. Комилов. Влияние на работоспособность равномерности хода почвообрабатывающих машин по глубине обработки почвы.....	67
А. Парпиев, Н.А. Хусанова. Влияние пневмотранспортировки на влажность хлопка-сырца.....	70
К.С. Султанов, С.И. Исмоилова, Ш.Э. Туланов. Прочность хлопчатобумажной пряжи при нерегулярных динамических нагрузках.....	73

Хроника

Основатель современной научной школы по теории механизмов и машин.....	76
“Академик Халим Усмонхужаев: учёный, создавший свою школу” (Посвящается 100-летию Х.Х. Усмонхужаева).....	78
Основоположник дисциплины «Теория машин и механизмов» в Узбекистане.....	79
Учитель наставников.....	80
Ученые-механики Узбекистана.....	81
Кошевников Георгий Антонович.....	81
Хожинова Максуда Аъзамовна.....	82
Бужин Евгений Иванович.....	83
Салимов Окил Умрзокович.....	83
Махкамов Руфат Гуломович.....	84
Ширинкулов Тошпулат Ширинкулович.....	85
Мубораков Ёрмухаммад Нурупович.....	86
Казахстанскому дорожному научно- исследовательскому институту – 60 лет.....	87

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ ДЛЯ УЗБЕКСКОГО ЖУРНАЛА «ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ»

Уважаемые коллеги! Редакция Узбекского журнала «Проблемы механики» рекомендует авторам соблюдать следующие правила при подготовке статей для ускорения процесса их опубликования:

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Объём статьи – 4 страницы машинописного текста. Текст статьи должен быть представлен в электронном варианте в редакторе Microsoft Word, формат A4. Поля слева – 2 см; справа, сверху, снизу – 2.5 см. Текст статьи печатается через одинарный интервал, шрифт Times New Roman размером 11 пт; абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту статьи и равен 1.25 см; в распечатанном виде – 2 экз. На каждом экземпляре в конце статьи должны быть подписи авторов.

2. Структура рукописи:

- УДК (индекс по таблицам Универсальной десятичной классификации);
- инициалы и фамилия (или фамилии) автора (авторов) – по центру, полужирными и прописными буквами;
- название статьи – по центру, полужирными и прописными буквами;
- текст рукописи;
- в конце статьи приводится заключение;
- список литературы;
- под списком литературы указать институт или организацию, представившую статью, и дату её поступления;
- после списка использованной литературы приводятся Ф.И.О. авторов, название статьи, аннотация и ключевые слова на узбекском, русском и английском языках (объём – 3–4 строки).

3. На отдельной странице представить сведения об авторах:

Фамилия, имя, отчество каждого автора – полностью (без сокращений), ученая степень, должность, место работы/учебы (организация, кафедра, отдел), сотовый, рабочий и домашний телефоны, адрес электронной почты.

4. Каждую статью сопровождают следующие документы: Акт экспертизы; решение семинара лаборатории (кафедры) или той организации, где работает автор; официальное письмо руководителя организации на имя главного редактора журнала академика Т.Р. Рашидова с указанием возможных вариантов финансирования статьи.

5. Представленная статья проходит неоднократно предварительную экспертизу. Независимо от результата экспертизы статья автору не возвращается. Решение о публикации статьи в журнале принимается главным редактором совместно с членами редколлегии по специализации представленной статьи. Просьба редакции о переработке статьи в соответствии с замечаниями рецензента не означает, что статья принята к печати. После переработки статья вновь рассматривается редколлегией. После переработки к новому варианту текста статьи прилагается письмо автора (ов), в котором содержатся подробные ответы на замечания и вопросы, поставленные в отзыве рецензента, и комментируются все исправления, внесенные в текст рукописи в процессе ее переработки. После принятия к публикации статья редактируется научным редактором.

6. Каждый автор в обязательном порядке должен иметь квитанцию на годовую подписку журнала.

7. Автор(ы) должен (должны) гарантировать обеспечение финансирования публикации статьи.

ОФОРМЛЕНИЕ АННОТАЦИИ (реферата статьи) И КЛЮЧЕВЫХ СЛОВ

Аннотация – краткое изложение содержания научного труда, дающая обобщенное представление о его теме и структуре. Аннотация, фамилия, имя, отчество автора (авторов), название статьи и ключевые слова представляются на 3-х языках (узбекском, русском, английском). Аннотация должна содержать не менее 3–5 предложений и не должна повторять название статьи.

Ключевые слова должны обеспечить наиболее полное раскрытие содержания статьи. Статья должна содержать не менее 5–7 ключевых слов в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово должно быть первым в списке.

ОФОРМЛЕНИЕ ФОРМУЛ

Сложные формулы выполняются при помощи встроенного в WinWord редактора формул Microsoft Equation 3.0: обычный – 11 пт, крупный индекс – 7 пт, мелкий индекс – 5 пт, крупный символ – 17 пт, мелкий символ – 11 пт.

По возможности рекомендуется избегать субиндексов (индексы у индексов). Готические и русские буквы в формулах не используются. Разметка формул обязательна, если на них имеется ссылка в тексте.

Обозначения должны быть простыми и понятными, следует избегать нагромождения индексов.

Формулы располагаются по центру текста, их порядковый номер указывается в круглых скобках и размещается в строке с выравниванием текста по правому краю. Для ссылок на формулы в тексте используются круглые скобки – (1).

ОФОРМЛЕНИЕ РИСУНКОВ И ТАБЛИЦ

Графики, рисунки, фотографии и таблицы вставляются в текст после первого упоминания о них в удобном для автора виде. Рисунки (графики и фотографии) по размеру не должны превышать 15 – 17 см. Бледные, плохо пропечатанные рисунки не принимаются. Фотографии должны быть хорошего качества, четкими и контрастными.

Название рисунка и подрисунковые подписи, а также название таблицы и ее содержимое печатаются через одинарный интервал, с выравниванием по центру, шрифтом Times New Roman размером 9 пт.

ОФОРМЛЕНИЕ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ

Ссылки на литературные источники указываются в квадратных скобках [1] строго в порядке цитирования. Описание каждого источника должно соответствовать приведенному описанию источника на обороте его титульного листа, с указанием города, издательства, года выпуска, количества страниц.

Если в написании статьи используются законодательные документы и нормы, то авторам следует использовать официальные источники или веб-сайт www.lex.uz с соответствующей ссылкой на них.

При цитировании, если необходимо выделение конкретных страниц монографии или учебного пособия, их указывают после номера ссылки, например [1. С. 125 – 128].

Список литературы приводится в конце в соответствии с ГОСТом. Примеры оформления списка литературы:

- [1] Ляхов Г. М. Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах. М.: Наука, 1982. – 286с.
- [2] Сагдиев Х. С., Саидий С. А., Тешабоев З. Р., Фасахов В. Г. Инженерный анализ последствий землетрясения 20.07.2011 г. // Проблемы механики. 2011. № 2. С. 8 – 13.
- [3] Ашрабов А. А. К исследованию контактных взаимодействий в трещинах железобетонных элементов // Сб. трудов РААСН. М., 2009. С. 89 – 94.
- [4] Аббасханов М. Н. Разработка технических средств и технологий по водосбережению и улучшению мелиоративного состояния орошаемых земель: Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 2011. – 119 с.
- [5] Махкамов Р. Г., Негматов С. С., Гулямов Г. и др. Композиционные материалы на основе древесины и модифицированных полимеров // Композиционные материалы. Ташкент, 2004. № 1. С. 60 – 61.
- [6] Отчет о НИР по теме: «Экспериментально-теоретические исследования сейсмообеспеченности эксплуатируемых школьных зданий с учётом физического износа и разработка рекомендаций по применению эффективной технологии усиления строительных конструкций для обеспечения сейсмостойкости». Ташкент, 2005. – 327 с.
- [7] СН-8–57. Нормы и правила строительства в сейсмических районах. М.: Госстройиздат, 1958. – 102с.
- [8] Патент РУз № 03270. Винтовой конвейер / Шукуров М. М., Махкамов Р. Г., Негматов С. С., Гулямов Г. и др. // Расмий ахборотнома. 2007. № 2.

Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются и обратно не высылаются! Редакционный совет оставляет за собой право публикации или отклонения рукописи. Отклоненные рукописи не возвращаются.

ВНИМАНИЕ!

Подписка – 2020

Продолжается подписка

на Узбекский журнал «Проблемы механики»

Подписной индекс – 880

Периодичность – 4 номера в год

Подписку можно оформить во всех Отделениях связи!

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 06.09.2019. Подписано в печать 30.09.2019.
Формат 60×84 ¹/₈. Гарнитура Times New Roman. Ризография.
Усл.-печ. л. 10.69. Уч.-изд. л. 7.18. Тираж 100. Заказ № 621.
Цена договорная.

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