

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

МЕХАНИКА
МУАММОЛАРИ

O‘ZBEKISTON
JURNALI

1
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

ДЕЙСТВИЕ СЕЙСМИЧЕСКИХ ВОЛН НА ТРУБОПРОВОД КОНЕЧНОЙ ДЛИНЫ, СОПРЯЖЕННЫЙ С УЗЛАМИ УПРУГИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

В работах [1, 2] рассмотрены задачи об обтекании заглубленного в цилиндрическом слое грунта трубопровода (стержня) плоской волной, фронт которой перпендикулярен к оси трубопровода. При этом установлено, что характер распределения напряжений вдоль трубопровода существенно зависит от отношения скорости обтекания волны («видимой скорости») и скорости распространения продольной волны в материале трубопровода. Установлена возможность возникновения явления резонанса в колебательном процессе, что приводит к параметрическому возбуждению сечений трубопровода. Рассмотрим задачу действия волны на трубопровод конечной длины, торцевые сечения которого упруго сопряжены с массивными узлами. При этом предположим, что влияние трубопровода на параметры действующей волны не учтено. Ось Ox направим вдоль оси трубопровода, начало координат установим в начальном торце. Уравнение движения сечений трубопровода при контакте его торцевых сечений с упругими элементами запишем в виде [3]

$$\rho F \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - EF \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + c_1(u - u_1)\delta(x) + c_2(u - u_2)\delta(l - x) + k(u - u_0) + \gamma(\dot{u} - \dot{u}_0) = 0, \quad (1)$$

где ρ , E – плотность и модуль Юнга материала трубопровода; F – площадь его поперечного сечения; c_1 , c_2 – коэффициенты жесткости сопряжения упругих элементов; k – коэффициент сдвиговой жесткости связи окружающего грунта с трубопроводом; γ – вязкий коэффициент взаимодействия; u_1 , u_2 – перемещения узлов, сопряженных с трубопроводом соответственно в торцах $x=0$ и $x=l$; $u_0 = u_0(c_*t - x)$ – перемещение частиц грунта за фронтом обтекаемой трубопроводом волны; $\delta(z)$ – функция Дирака; c_* – скорость распространения сейсмической волны.

Перемещения u_1 и u_2 удовлетворяют следующим уравнениям:

$$m_1 \frac{d^2 u_1}{dt^2} = c_1[u(0, t) - u_1] + k_1[u_0(0, t) - u_1] + \gamma_1[\dot{u}_0(0, t) - \dot{u}_1] = 0, \quad (2)$$

$$m_2 \frac{d^2 u_2}{dt^2} = c_2[u(l, t) - u_2] + k_2[u_0(l, t) - u_2]H(c_*t - l) + \gamma_2[\dot{u}_0(l, t) - \dot{u}_2]H(c_*t - l) = 0, \quad (3)$$

где m_1 , m_2 – массы узлов; k_1 , k_2 – коэффициенты продольной упругой связи узлов с грунтом; $H(z)$ – функция Хевисайда; γ_1 , γ_2 – коэффициенты вязкого контакта узлов с грунтом.

Уравнения (1) – (3) образуют полную систему для определения перемещений сечений трубопровода $u(x, t)$, перемещений узлов $u_1(t)$ и $u_2(t)$. Для решения этой системы используем метод Фурье, предложенный в работе [1]. Рассмотрим однородное уравнение

$$\rho F \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - EF \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + c_1 u(0, t)\delta(x) + c_2 u(l, t)\delta(l - x) + k_0 u(x, t) + \gamma_0 \dot{u}(x, t) = 0. \quad (4)$$

Решение уравнения (4) представим в виде $u = \varphi(x)T(t)$. Тогда получим

$$\rho F \varphi(x)\ddot{T}(t) - EF \varphi''(x)T(t) + c_1 \varphi(0)T(t)\delta(x) + c_2 \varphi(l)T(t)\delta(l - x) + k_0 \varphi(x)T(t) + \gamma_0 \varphi(x)\dot{T}(t) = 0.$$

Последнее уравнение запишем в виде

$$\frac{\rho F \ddot{T}(t)}{T} - \frac{EF \varphi'' - c_1 \varphi(0)\delta(x) - c_2 \varphi(l)\delta(l - x)}{\varphi(x)} + k_0 + \frac{\gamma_0 \dot{T}(t)}{T} = 0.$$

Полагая, что

$$-\frac{EF \varphi'' - c_1 \varphi(0)\delta(x) - c_2 \varphi(l)\delta(l - x)}{\varphi(x)} = \lambda^2,$$

получим

$$\varphi'' + \lambda^2 \varphi - \beta_1 \varphi(0) \delta(x) - \beta_2 \varphi(l) \delta(l-x) = 0, \quad (5)$$

где $\beta_1 = \frac{c_1}{EF}$, $\beta_2 = \frac{c_2}{EF}$.

Общее решение уравнения (5) имеет вид

$$\varphi = A \cos \lambda x + B \sin \lambda x + \frac{\varphi_1 \beta_1}{\lambda} \sin \lambda x H(x) + \frac{\varphi_2 \beta_2}{\lambda} \sin \lambda(l-x) H(l-x),$$

где A, B – постоянные; $\varphi_1 = \varphi(0)$, $\varphi_2 = \varphi(l)$.

Постоянные A и B определяются из условий

$$\varphi'(-0) = 0, \quad \varphi'(l+0) = 0, \quad (6)$$

которые дают

$$B = \frac{1}{\lambda} \beta_2 \varphi_2 \cos \lambda l, \quad A = \frac{\cos \lambda l}{\lambda \sin \lambda l} (\beta_2 \varphi_2 \cos \lambda l + \beta_1 \varphi_1).$$

Таким образом, выражение для $\varphi(x)$ приобретет следующий вид:

$$\begin{aligned} \varphi = & \frac{\beta_1 \varphi_1}{\lambda \sin \lambda l} [\cos \lambda l \cos \lambda x + \sin \lambda l \sin \lambda x H(x)] + \\ & + \frac{\beta_2 \varphi_2}{\lambda \sin \lambda l} [\cos \lambda l \cos \lambda(l-x) + \sin \lambda l \sin \lambda(l-x) H(l-x)]. \end{aligned} \quad (7)$$

Можно показать, что полученное решение (7), кроме условий (6), удовлетворяет условиям сопряжений

$$\varphi'(+0) = \beta_1 \varphi(0), \quad \varphi'(l-0) = -\beta_2 \varphi(l).$$

Полагая теперь

$$\varphi(0) = \varphi_1, \quad \varphi(l) = \varphi_2,$$

получим систему однородных уравнений относительно φ_1 и φ_2

$$\begin{aligned} (\lambda \sin \lambda l + \beta_1 \cos \lambda l) \varphi_1 - \beta_2 \varphi_2 &= 0, \\ -\beta_1 \varphi_1 + (\lambda \sin \lambda l + \beta_2 \cos \lambda l) \varphi_2 &= 0. \end{aligned}$$

Приравнявая определитель этой системы нулю, составим уравнение для определения собственных чисел λ

$$\operatorname{tg} \lambda l = \frac{\lambda(\beta_1 + \beta_2)}{\lambda^2 - \beta_1 \beta_2}. \quad (8)$$

Можно показать, что собственные функции $\varphi_i(x)$ удовлетворяют условию ортогональности

$$\int_0^l \varphi_i \varphi_j dx = 0 \quad \text{при} \quad i \neq j.$$

Решение неоднородного уравнения (4) представим в виде

$$u = \sum_{i=1}^{\infty} \bar{\varphi}_i(x) T_i, \quad (9)$$

$$T_i'' + (\bar{\lambda}_i^2 + \beta_0) T_i + \gamma T_i' = \frac{1}{\|\varphi_i\|} [\beta_1 u_1 + \beta_2 u_2 + \beta_0 a_i + \gamma b_i]. \quad (10)$$

Здесь $a_i = \int_0^1 \bar{\varphi}_i(\xi) u_0(M\tau - \xi) d\xi$; $b_i = M \int_0^l \bar{\varphi}_i(\xi) u'_0(M\tau - \xi) d\xi$; $|\varphi_i| = \int_0^l \bar{\varphi}_i^2(\xi) d\xi$,

где $\tau = ct/l$; $\xi = x/l$ $T' = \frac{dT}{d\tau}$; $T'' = \frac{d^2T}{d\tau^2}$; $c = \sqrt{E/\rho}$; $M = c_*/c$;

$$\varphi_i = p_i \{ \beta_1 (\cos \bar{\lambda}_i \cos \bar{\lambda}_i \xi + \sin \bar{\lambda}_i \sin \bar{\lambda}_i \xi) + \beta_2 d_i [\beta_1 (\cos \bar{\lambda}_i \cos \bar{\lambda}_i (1 - \xi) + \sin \bar{\lambda}_i \sin \bar{\lambda}_i (1 - \xi))] \};$$

$$p_i = \bar{\lambda}_i \sin \bar{\lambda}_i; \quad d_i = \beta_1 / (p_i - \beta_2 \cos \bar{\lambda}_i); \quad \bar{\lambda}_i = \lambda_i l; \quad \beta_i = c_i l / EF; \quad \beta_0 = k_0 l^2 / EF;$$

$F = \pi(a^2 - b^2)$; $\gamma = \gamma_0 cl / EF$; a и b – внешний и внутренний радиусы трубопровода.

Уравнения (2) и (3) с учетом (9) при $\tau > 1/M$ запишутся в виде

$$\alpha_1 u_1'' = -(\beta_{01} + \beta_1) u_1 + (\beta_{01} + \beta_1) \sum_{i=1}^{\infty} \varphi_i(0) T_i - \gamma_{01} u_1' + \gamma_{01} \sum_{i=1}^{\infty} \bar{\varphi}_i(0) T_i', \quad (11)$$

$$\alpha_2 u_1'' = -(\beta_{02} + \beta_2) u_1 + (\beta_{02} + \beta_2) \sum_{i=1}^{\infty} \varphi_i(0) T_i - \gamma_{02} u_1' + \gamma_{02} \sum_{i=1}^{\infty} \bar{\varphi}_i(0) T_i', \quad (12)$$

$$\beta_{0i} = k_i l / ES, \quad \alpha_i = m_i / \rho_0 S l, \quad \gamma_{0i} = \gamma_i c / ES.$$

Уравнения (10) – (12) образуют бесконечную систему для определения $T_i(t)$, u_1 , u_2 , которые решаются методом усечения. На рис. 1 – 4 представлены графики зависимости перемещений узлов $u_1(\tau)$, $u_2(\tau)$ (отнесенных к максимальному значению перемещения частиц грунта за фронтом волны) и напряжений $\sigma_1 = \sigma(0, \tau)$ и $\sigma_2 = \sigma(0, \tau)$ от безразмерного времени $\tau = ct/l$ для различных значений параметра M при действии волны, за фронтом которой перемещение частиц грунта меняется по закону $u_0 = A_0 \sin(M\tau - \xi)$. В расчетах принято: $E_0 = 2 \cdot 10^{10}$ Па; $A_0 = 0.02$ м; $\rho_0 = 3000$ кг/м³; $c_1 = c_2 = 5 \cdot 10^6$ Н/м; $\gamma_0 = 7$ кНс/м²; $m_1 = m_2 = 500$ кг; $k_0 = 10^8$ Н/м²; $\gamma_1 = \gamma_2 = 1.45$ кНс/м.

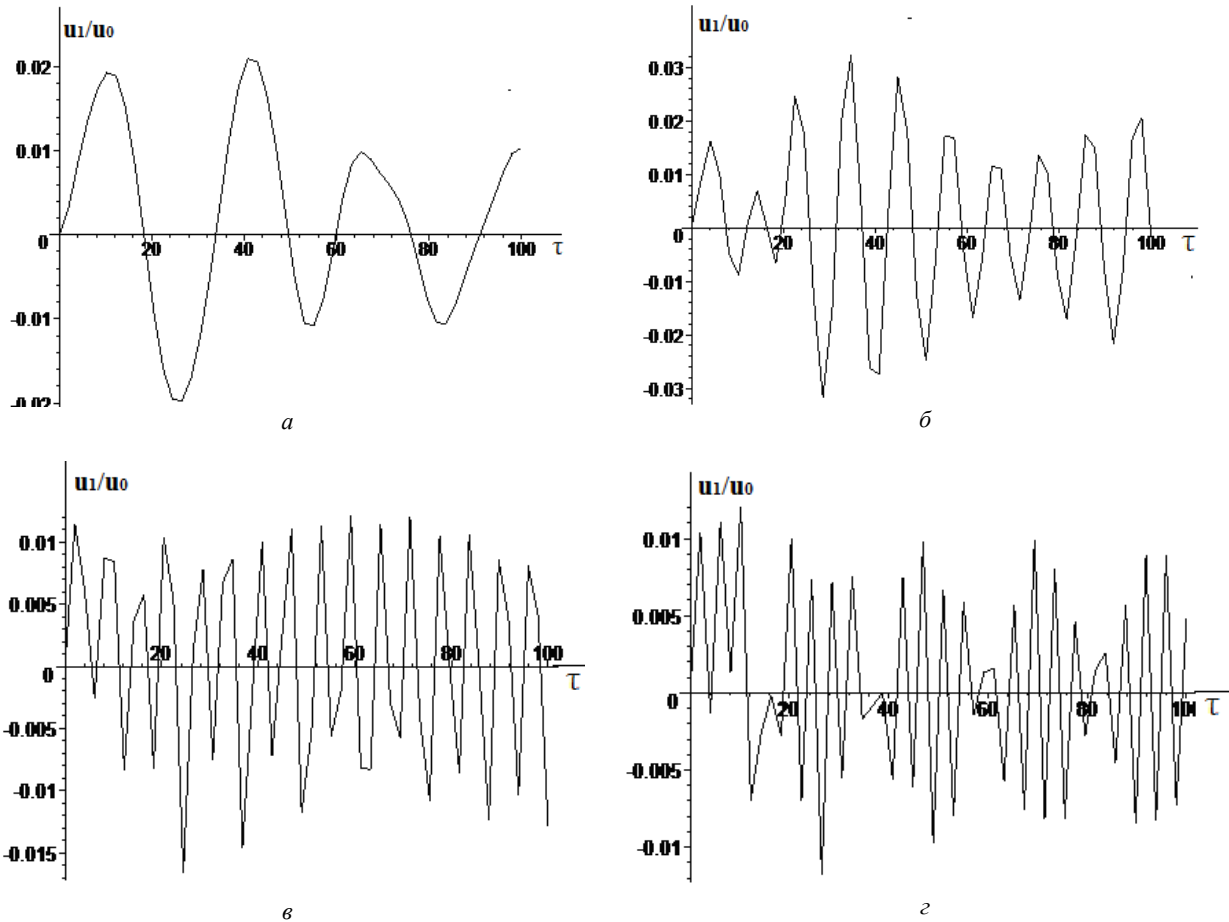


Рис. 1. Зависимости перемещения узла u_1 (отнесенного к величине A_0) от безразмерного времени τ для различных значений числа M : а – 0.2; б – 0.6; в – 1; г – 1.4

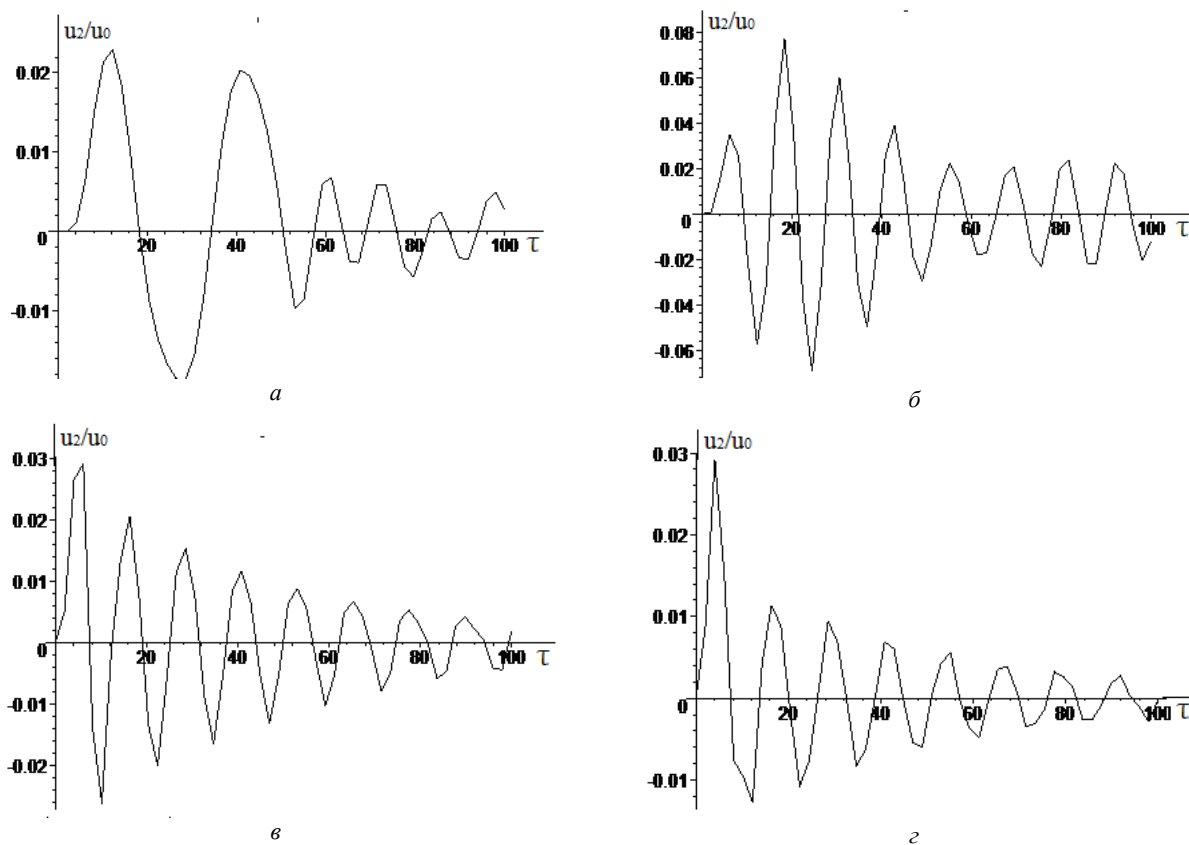


Рис.2. Зависимости перемещения узла u_2 (отнесенного к величине A_0) от безразмерного времени τ для различных значений числа M : $a - 0.2$; $б - 0.6$; $в - 1$; $г - 1.4$

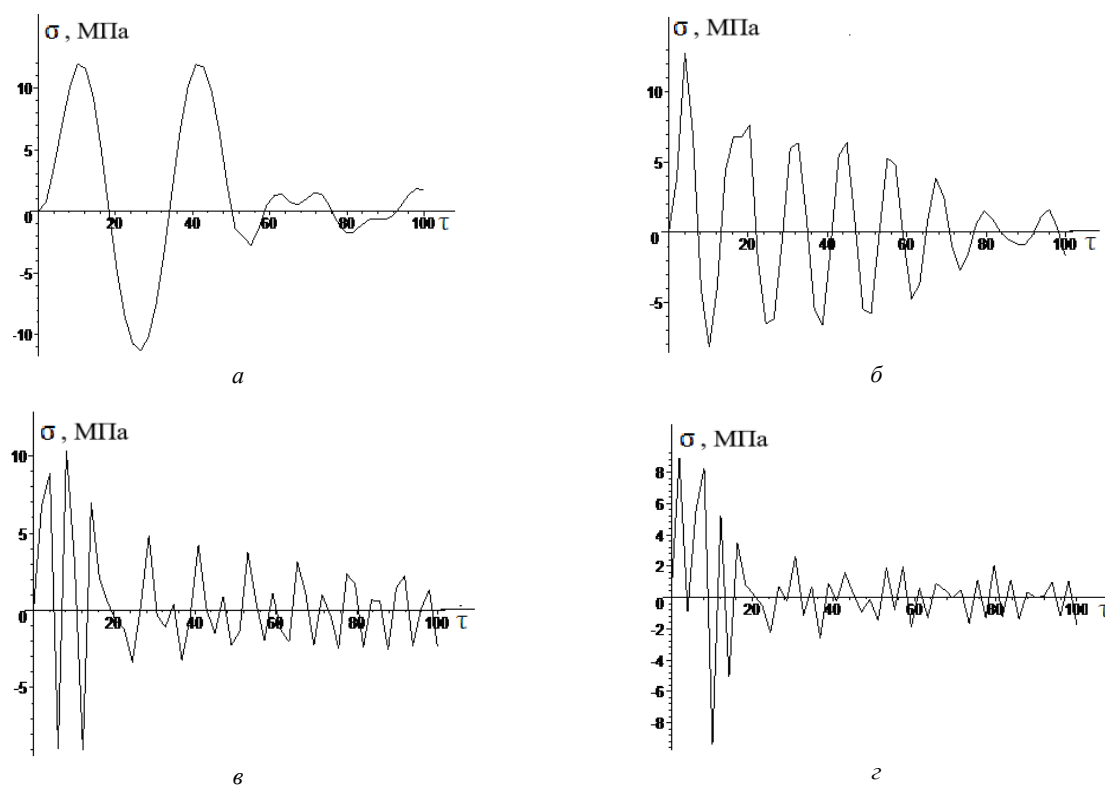


Рис. 3. Зависимости напряжения $\sigma(0, \tau)$ (МПа) от безразмерного времени τ для различных значений числа M : $a - 0.2$; $б - 0.6$; $в - 1$; $г - 1.4$

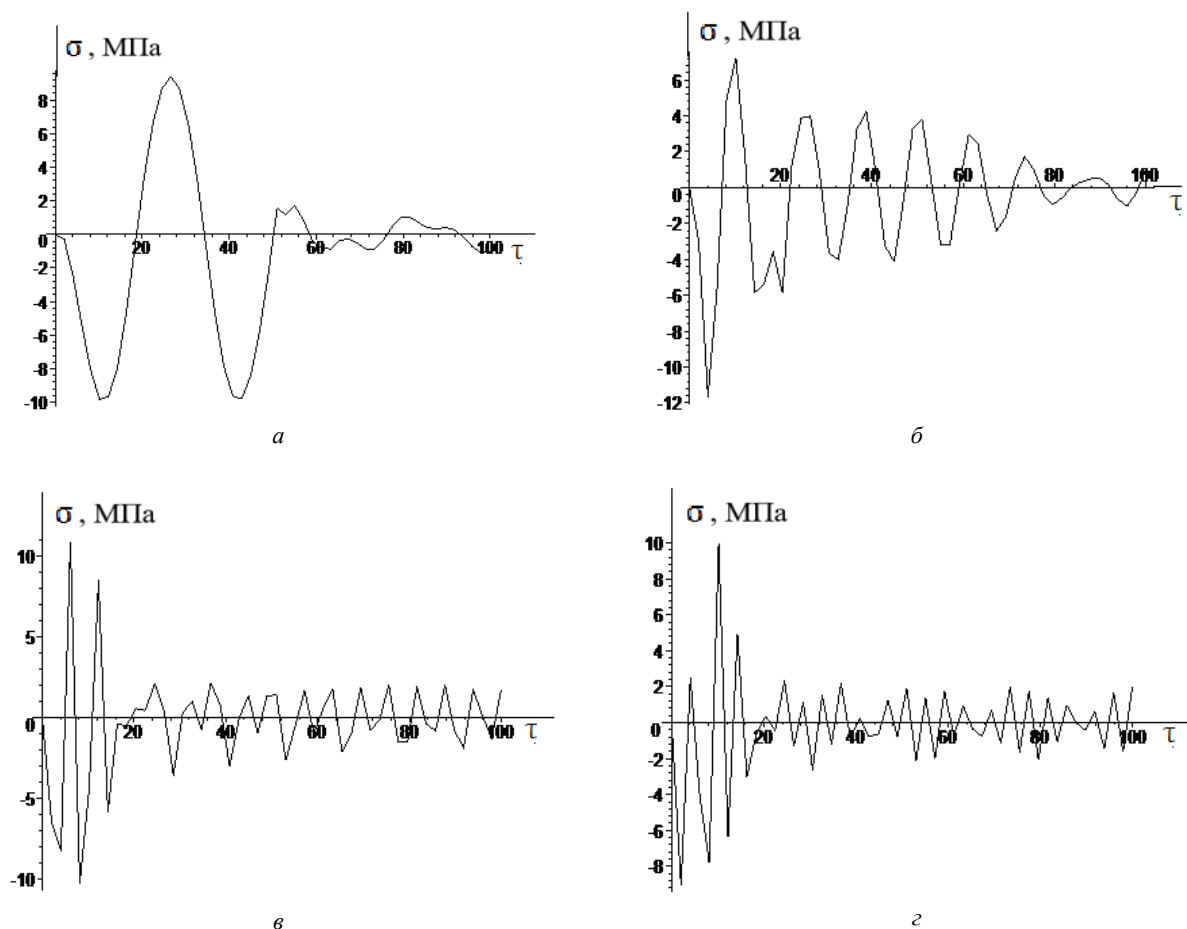


Рис. 4. Зависимости напряжения $\sigma(1, \tau)$ (МПа) от безразмерного времени τ для различных значений числа M :
 $a - 0.2$; $b - 0.6$; $v - 1$; $z - 1.4$

Из анализа кривых для перемещений узлов, представленных на рис. 1, 2, следует, что сопряженный к начальному торцу трубопровода узел совершает высокочастотные колебания, другой узел также совершает колебания с затухающей амплитудой. При этом рост числа M приводит соответственно к снижению и увеличению амплитуды колебаний правого и левого узлов. Напряжения в местах сопряжения торцов трубопровода к узлам в начальном моменте времени амплитуды имеют высокие значения и далее с ростом времени наблюдается их существенное снижение.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] И с р а и л о в М. Ш. Сейсмодинамика подземных трубопроводов // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент, 2012. № 3. С. 18 – 24.
- [2] Р а ш и д о в Т. Р., И с р а и л о в М. Ш., М а р д о н о в Б. Сейсмодинамика подземных трубопроводов при неидеальном контакте с грунтом: влияние проскальзывания на динамические напряжения // Прикладная механика и техническая физика (ПМТФ) РАН. Сибирское отделение. 2016. Т. 57. №6 (340). С. 189 – 197.
- [3] Б а б а к о в И. М. Теория колебаний. М.: Наука, 1965.

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

Дата поступления
20.03.2019

Т.Р. Рашидов, Б.М. Мардонов, И.М. Мирзаев. Эластик элементли бириккан чекли узунликдаги қувурга сейсмик тўлқинлар таъсири

Мақолада чети йирик иншоот билан бириккан ер ости қувурига бўйлама эластик тўлқинлар таъсири ҳақидаги масала кўриб чиқилган. Қувур ва тугун кесимларидаги кўчишларни аниқлашнинг чегаравий масаласи иккинчи даражали дифференциал тенгламаларнинг чексиз тизимлар ечимига келтирилган, ечимни олиш учун кесиб олиш усулидан фойдаланилган.

T.R. Rashidov, B.M. Mardonov, I.M. Mirzaev. The effect of seismic waves on the finite pipeline coupled with nodes by elastic elements

The problem of the action of a longitudinal elastic wave on the underground pipeline is considered. The ends of the pipeline are coupled with massive nodes. The boundary problem for determining displacements of pipeline sections and nodes is reduced to solving an infinite system of second-order differential equations. The truncation method is used for solving the differential equations.

УДК 539.3

Т.Р. РАШИДОВ, Ш.С. ЮЛДАШЕВ, М.У. КАРАБАЕВА, М.Б. БОЙТЕМИРОВ

СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ЗАЩИТЫ НАСЕЛЕНИЯ, ПРОМЫШЛЕННЫХ И ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ ОТ ТРАНСПОРТНЫХ ВИБРАЦИЙ

Увеличение провозной способности транспорта в современных крупных городах невозможно без развития наиболее совершенного вида массового транспорта – метрополитена. Однако требования к условиям проживания населения вблизи магистралей приводят к необходимости учитывать возможные воздействия поездов на окружающую среду.

Вибрация земли от поездов является все более важной экологической проблемой. Она проявляется двумя способами: низкочастотная вибрация в диапазоне 1 – 80 Гц воспринимается жителями линии, как вибрация цельного тела, тогда как вибрация более высокой частоты в диапазоне 16 – 250 Гц излучается как звук внутри зданий и известна как земной шум [1, 2]. Поезда, работающие на наземных железных дорогах, особенно там, где земля мягкая, часто производят вибрацию с самыми высокими компонентами в диапазоне ниже 40 Гц, что, в основном, чувствуется как ощутимая вибрация. Амплитуды скорости обычно составляют от 0.1 до 1 мм/с. Напротив, поезда, работающие в туннелях, имеют тенденцию создавать более высокую частотную вибрацию при значительно более низких амплитудах, для которых более существенный шум земли.

В принципе существует ряд возможных путей уменьшения вибрации, вызванной железной дорогой [1 – 3], включая изменения в транспортном средстве, изменение пути или земли под ним или введение барьера какой-то формы рядом с дорогой.

Г. Миллер и Х. Пурсей [4] рассчитали распределение энергии колебаний между продольными, поперечными и поверхностными волнами, распространяющимися в упругом изотропном полупространстве от кругового источника колебаний. По их оценке, 67 % энергии передает волна Рэлея, 26 % – поперечная волна и только 7 % приходится на продольную волну. Тот факт, что волна Рэлея передает две третьих энергии динамического воздействия и, кроме того, значительно медленнее затухает на расстоянии, чем объемные волны, говорит о первоочередной важности изоляции сооружений от Рэлеевских волн.

Открытые траншеи долгое время считались возможным решением для вибрации грунта, возникающей от движения автомобилей, а также от движения поездов на железных дорогах. Ранние полевые испытания были представлены Р. Вудсом [5, 6]. Результаты были представлены как коэффициенты уменьшения амплитуды, а уменьшение по меньшей мере 0.25 (т.е. 12 дБ) считалось «эффективным». Это было достигнуто с помощью траншеи глубины, по крайней мере, в 0.6 раза превышающей длину волны Рэлея. Влияние ширины траншеи не исследовано. Обнаружено, что траншеи в дальнем поле от источника оказались менее эффективными. Совсем недавно А. Альзави и М. Эль Наггар [7] представили полевые измерения открытых и мягко заполненных траншей. Они подтвердили выводы Р. Вудса [5] для открытой траншеи, но обнаружили, что для траншеи, заполненной геопеной глубиной 0.6 длины волны Рэлея, уровень вибрации был уменьшен до эквивалента около 8 – 10 дБ. Е. Селеби [8] также были представлены некоторые полевые измерения траншеи, облицованной бетоном. М. Ким и др. [9] описали эксперимент с траншеей, заполненной ковриком из резиновой стружки.

К. Массарш [10] представил обзор использования газовых подушек. Они были разработаны и запатентованы Franki International в 1980-е годы и позволяют использовать мягкий заполненный барьер с очень низкой жесткостью. Описан ряд полевых установок для изоляции зданий от железных дорог. Глубина варьировала от 6 до 12 м. Он указал, учитывая передачу коэффициента

на границе раздела между двумя полубесконечными средами, что коэффициент пропускания через барьер должен зависеть от отношения препятствующих характеристик барьера и почвы.

В [11] сообщается о некоторых испытаниях окопов как на железных дорогах, так и на трамваях. Например, измерения для траншеи глубиной 3.5 м показали снижение на 10 дБ выше 16 Гц. О. Йошима [12] представил результаты для свайных траншей, прилегающих к высокоскоростной линии. На одном участке траншея глубиной 4 м, а с другой – глубиной 10 м; частотно-взвешенная вибрация была уменьшена примерно на 10 дБ. Ж. Ланг [13] обнаружил, что траншея глубиной 1.5 м уменьшала вибрацию от трамвайной линии примерно на 10 дБ выше 31.5 Гц, хотя преимущественно уменьшалось на больших расстояниях. С. Франсоис [14] описал установку 8-метрового экрана, состоящего из полистирола, бетона и бентонита, для трамвайной дорожки. Полученные результаты были разочаровывающими, что объясняется недостаточным коэффициентом жесткости между барьером и окружающей почвой, несмотря на то, что были приведены различные результаты. Опубликованные результаты измерений для окопов ограничены, и их трудно обобщить. Снижение вибрации будет сильно зависеть от условий грунта, а также от конструкции дорожки и транспортного средства. Численный анализ может предоставить альтернативу, которая позволит разработать более систематическое понимание.

Т. Май и Б.А. Болт [15] использовали двумерные (2D) (МКЭ) – модели для изучения эффекта открытой траншеи на падающих волнах разных типов. Они подтвердили, что безразмерной глубины 0.6 траншея достаточна для получения уменьшения на 12 дБ. С. Ахмад и Т. Аль-Хусаини [16] также использовали модели 2D (МГЭ-метод граничного элемента) для изучения открытой траншеи, расширенной до 3D. Р. Клейн [17] использовал метод 3D (МГЭ) для изучения открытой траншеи. С.Д. Эканаяке [18] использовал модель (МКЭ) для изучения открытой траншеи, заполненной вспененным полистиролом, геофоном или водой.

Известно, что скорость распространения Рэлеевской волны в грунте увеличивается с глубиной из-за неоднородности грунта и давления лежащих выше слоев. Это обуславливает важность исследования грунта с модулем сдвига, зависящим от глубины, а также многослойных моделей грунта.

Большинство опубликованных результатов получены для однородной среды. Т. Май и Б. Болт включали поверхностный слой, но скорость волн различалась только на 20 %. К.Л. Леунг [19, 20] рассматривал слоистую или непрерывно неоднородную массу. Он обнаружил, что для более мягкого слоя в более жестком полупространстве эффективность траншеи значительно уменьшается по сравнению с однородным материалом. Обнаружено, что глубина удвоенной длины волны Рэлея необходима, когда верхний слой был меньше в 2.5 раза длины волны [16]. С. Ахмад и Т. Аль-Хусаини также получили результаты для открытой траншеи в слоистом полупространстве с аналогичными выводами.

Численное моделирование траншей было расширено для изучения влияния на вибрацию железной дороги рядом авторов. И. Ян и Х. Хунг [21] использовали 2D модели МКЭ открытой траншеи и обнаружили следующее: высокое отношение коэффициента Пуассона почвы означает, что открытая траншея должна быть более глубокой для той же эффективности. В. Хаберт [22] использовал 3D МГЭ (метод граничных элементов) для изучения жесткой дорожки на полупространстве и учета открытой траншеи. Результаты были даны только для двух примерных частот. М. Адам и фон О. Эшорф [23] использовали 2D-сопряженную модель (МКЭ/МГЭ) для изучения передачи вибрации от железной дороги до ближайшего здания. Рассматривались как открытые траншеи, так и траншеи, заполненные почвенно-бентонитовой смесью. Модель 3D (МКЭ/МГЭ), которая работает в системе координат с перемещающейся нагрузкой, была представлена Л. Андерсеном и С. Нильсеном [24]. Рассмотрены открытые траншеи и траншеи, заполненные резиновыми чипсами, а также другие варианты. Д. Коннолли [25] использовала 3D модель (МКЭ) для изучения влияния открытой траншеи, прилегающей к железнодорожной линии. Было показано, что глубина важна, но влияние ширины не рассматривается. Результаты были показаны в терминах безразмерных параметров, выраженных в виде одной эквивалентной частоты, представляющей загрузку поезда. Модель 3D (МКЭ) также использовалась Д. Юнесяном и М. Садри [26] для изучения траншей с различными поперечными сечениями.

Для численных подходов Г. Васс [27] использовал метод конечного элемента для изучения влияния траншей на горизонтальные волны сдвига (SH-волна). Его результаты показали, что открытие траншеи эффективно снижает вибрации на некоторых низких частотах и не является

эффективным на высоких частотах. Ж. Абуди [28] установил барьеры в упругом полупространстве и использовал метод конечных разностей для вычисления реакции поверхности земли. Он пришел к выводу, что поведение распространения волн Рэлея будет зависеть от барьеров. В. Хаупт [29] провел эксперименты по проверке своего конечно-элементного модуля, разработанного для снижения вибрации. Он нашел комплексное значение факторов распространения волн вблизи барьеров для более жесткого заполнения материалов, эффективность снижения вибрации в зависимости от поперечного сечения траншеи. Для более мягкого заполнения материалов здесь эффективность связана с формой траншеи. Г. Сегол [30] применил (МКЭ) для анализа двумерной задачи вибрации с учетом открытых и заполненных траншей в слоистых прослойках. М. Фуюки и И. Мацумото [31] приняли (МГЭ) для исследования волны Рэлея, когда она достигает открытой траншеи. Т.В. Май и Б.А. Болт [15] использовали (МКЭ) для изучения эффекта изоляции открытых траншей на SH (горизонтальных волнах сдвига) – волне в двух слоях грунтовой среды. Они обнаружили, что при частоте вибрации от 4 до 6 Гц и глубине траншеи более, чем $0.6 L_R$, спектральное отношение мощности SH-волн может быть уменьшено до 6 % свободного поля (т.е. нет траншей). Однако, когда рабочая частота меньше, чем 4 Гц, спектральное отношение мощности может быть увеличено до 200 %. Ж. Авилле и Ф. Санчес-Сесма [32] осмотрели эффект уменьшения вибрации 8 твердых свай на волне сжатия (Р-волна), SH-волне, вертикальной волне сдвига (SV-волна). Результаты показали, что твердые сваи наиболее эффективны при снижении вибрации от SV-волны, но хуже для Р-волны. Диаметр свай между $1/4$ и 1 длиной сдвиговой волны является наиболее эффективным. Наибольшее значение имеют влияние расстояний между сваями, размеры и расположения свай. К. Эмад и Г. Манолис [33] использовали метод граничных элементов (МГЭ) с постоянными элементами для исследования эффективности использования прямоугольной и круглой открытой траншей для снижения вибраций. Просеивание амплитуд колебаний было замечено для определенных мест. Д. Бескос [34] использовал (МГЭ) с постоянными элементами для изучения влияния открытых и заполненных окопов на уменьшение вибрации. Он пришел к выводу, что эффективность снижения вибрации открытых траншей лучше, чем заполненных траншей. Со стороны Б. Дасгупта [35 – 36] применена трехмерная частотная область (МГЭ) с полным фундаментальным решением для анализа основ жестких поверхностей, подвергнутых гармоническим нагрузкам.

Достаточно большие исследования по изучению эффективности виброзащитных экранов различных размеров и конфигураций осуществлены Ш. Юлдашевым [37]. В результате решения задачи динамической теории упругости с помощью МКЭ с учетом экранов достигнуто поглощение колебаний до 80 %.

Обретающий всё большую актуальность вопрос защиты населения от транспортных вибраций требует глубокого изучения процесса распространения вибрации в грунтах и разработки новых эффективных методов поглощения вибрации.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Thompson D.J. Railway noise and vibration: mechanisms, modelling and means of control. Oxford: Elsevier, 2008.
- [2] Lombaert G., Degrande G., Francois S., Thompson D.J. Ground-borne vibration due to railway traffic: a review of excitation mechanisms, prediction methods and mitigation measures // Proceedings of the 11th International Workshop on Railway Noise, Uddevalla, Sweden, 9 – 13 September, 2013.
- [3] Jones C.J.C. Using numerical models to find antivibration measures for railways // Proc. Instn Civ. Engs, Transp. 1994. N. 105. P. 43 – 51.
- [4] Miller G.F., Pursey H. On the Partition of Energy between Elastic Waves in a Semi-Infinite Solid // Proc. R. Soc. A Math. Phys. Eng. Sci. 1955. T. 233. N. 1192. P. 55 – 69.
- [5] Woods R. Screening of surface waves in soils. J Soil Mech Found Div Proc ASCE 1968. N. 94 (SM4). P. 951 – 979.
- [6] Richart F.E., Hall J.R., Woods R.D. Vibration of soils and foundations, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1970.
- [7] Alzawi A., El Naggar M.H. Full scale experimental study on vibration scattering using open and in-filled (GeoFoam) wave barriers // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2011. N. 31. P. 306 – 317.
- [8] Celebi E., Firat S., Beyhan G., Cankaya I., Vural I., Kirtel O. Field experiments on wave propagation and vibration isolation by using wave barriers // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2009. N. 29. P. 824 – 833.
- [9] Kim M., Lee P., Kim D., Kwon H. Vibration isolation using flexible rubber chip barriers // Proceedings of the international workshop wave 2000, wave propagation, moving load, vibration reduction. Rotterdam. 2000. P. 289 – 298.

- [10] Massarsch K.R. Vibration isolation using gas-filled cushions. Soil dynamics symposium to honour Prof. R Woods (invited paper). Austin, Texas: Geo-Frontiers, 2005. P. 1 – 22.
- [11] Kruger F. Schallund Erschuterungsschutz im Schienenverkehr. Expert Verlag, 2001.
- [12] Yoshima O. Basic characteristics of Shinkansen-induced ground vibration and its reduction measures // Proceedings of the international workshop wave 2000, wave propagation, moving load, vibration reduction. Balkema, Rotterdam, 2000.
- [13] Lang J. Ground-borne vibrations caused by trains and control measures // Journal of Sound and Vibration. 1988. N. 120. P. 407 – 412.
- [14] Francois S., Schevenels M., Thyssen B., Borgions J., Degrande G. Design and efficiency of a vibration isolating screen in the soil // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2012. N. 39. P. 113 – 127.
- [15] May T., Bolt B.A. The effectiveness of trenches in reducing seismic motion // Earthquake Engineering and Structural Dynamics. 1982. N. 10. P. 195 – 210.
- [16] Ahmad S., Al-Hussaini T.M. Simplified design for vibration screening by open and in-filled trenches. Proc. ASCE // Journal of Geotechnical Engineering. 1991. N. 117. P. 67 – 88.
- [17] Klein R., Antes H., Le Houedec D. Efficient 3D modelling of vibration isolation by open trenches // Computers and Structures. 1997. N. 64. P. 809 – 817.
- [18] Ekanayake S.D., Liyanapathirana D.S., Leo C.J. Attenuation of ground vibrations using in-filled wave barriers // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2014. N. 67. P. 290 – 300.
- [19] Leung K.L., Beskos D.E., Vardoulakis I.G. Vibration isolation using open and infilled trenches. Part 3: 2-D non-homogeneous soil by the BEM // Computational Mechanics. 1990. N. 7. P. 137 – 148.
- [20] Leung K.L., Vardoulakis I.G., Beskos D.E., Tassoulas J.L. Vibration isolation by trenches in continuously non-homogeneous soil by the BEM // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 1991. N. 10. P. 172 – 179.
- [21] Yang Y., Hung H.H. A parametric study of wave barriers for reduction of train-induced vibrations // International Journal for Numerical Methods in Engineering. 1997. N. 40. P. 3729 – 3747.
- [22] Hubert W., Friedrich K., Pflanz G., Schmid G. Frequency- and time-domain BEM analysis of rigid track on a half-space with vibration barriers // Meccanica. 2001. N. 36. P. 421 – 436.
- [23] Adam M., Von Estorff O. Reduction of train-induced building vibrations by using open and filled trenches // Computers and Structures. 2005. N. 83. P. 11 – 24.
- [24] Andersen L., Nielsen S.R.K. Reduction of ground vibration by means of barriers or soil improvement along a railway track // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2005. N. 25. P. 701 – 716.
- [25] Connolly D., Giannopoulos A., Fan W., Woodward P.K., Forde M.C. Optimising low acoustic impedance back-fill material wave barrier dimensions to shield structures from ground borne high speed rail vibrations // Soil Dynamics and Earthquake Engineering. 2013. N. 46. P. 13 – 19.
- [26] Younesian D., Sadri M. Effects of the trench geometry on vibration mitigation level in high-speed railway tracks // Journal of Mechanical Science and Technology. 2012. N. 26. P. 2469 – 2476.
- [27] Wass G. Linear Two-dimensional analysis of soil dynamics problem in semi-infinite layered media. PhD thesis, University of California, Berkeley, 1972.
- [28] Aboudi J. Elastic waves in half-space with thin barrier // J. Eng Mech (ASCE). 1973. N. 99(1). P. 69 – 83.
- [29] Haupt W.A. Surface waves in nonhomogeneous half-space // Dynamic methods in soil and rock mechanics. Rotterdam: Balkema. 1977. P. 335 – 67.
- [30] Segol G.P., Lee C.Y., Abel J.E. Amplitude reduction of surface wave by trenches // J Eng Mech (ASCE). 1978. N. 104(3). P. 621 – 641.
- [31] Fuyuki M., Matsumoto Y. Finite difference analysis of rayleigh wave scattering at a trench // Bull Seismol Soc. Amer. 1980. N. 70. P. 2051 – 2069.
- [32] Avilles J., Sanchez-Sesma F.J. Piles as barriers for elastic waves // J Geotechn Eng (ASCE). 1983. N. 109. P. 1133 – 1146.
- [33] Emad K., Manolis G.D. Shallow trenches and propagation of surface waves // J Eng Mech (ASCE). 1985. N. 111 (2). P. 279 – 282.
- [34] Beskos D.E., Dasgupta G., Vardoulakis I.G. Vibration isolation using open or filled trench // Part 1: 2-D homogeneous. Comput Mech. 1986. N. 1 (1) P. 43 – 63.
- [35] Dasgupta B., Beskos D.E., Vordoulakis I.G. 3-D vibration isolation using open trenches // Innovative. Berlin: Springer-Verlag. 1986. P. 385 – 392.
- [36] Dasgupta B., Beskos D.E., Vordoulakis I.G. Vibration isolation using open or filled trenches // Part 2: 3-D homogeneous soil. Comput Mech. 1990. N. 6. P. 129 – 142.
- [37] Юлдашев Ш.С., Маткаримов П.Ж. Распространение вибраций в грунтах от транспортных средств и виброзащитные системы. Ташкент: “Фан ва технологиялар маркази”. 2014. – 188 с.

Наманганский инженерно-строительный институт

Дата поступления
27.02.2019

Т.Р. Рашидов, Ш.С. Юлдашев, М.У. Карабаева, М.Б. Бойтемиров. Аҳоли ҳамда ишлаб чиқариш-фуқаро биноларини транспорт воситаларидан ҳосил бўладиган вибрациядан ҳимоялаш масаласининг ҳолати

Мақолада транспорт воситалари ҳаракати натижасида юзага келадиган вибрациядан аҳоли ҳамда ишлаб чиқариш ва фуқаро бино-иншоотларини ҳимоялаш бўйича дунё олимлари томонидан олиб борилаётган илмий изланишлар ҳақида маълумотлар тўплами берилган ва таҳлил этилган.

УДК 539.3

Р.Р. РАХМАТОВ, А.А. РАХМАНОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ МНОГОФАЗНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫТЕСНЕНИЯ НЕФТИ ИЗ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ

Проблема оптимизации разработки нефтяных месторождений предопределяет высокие требования к качеству прогноза технологических показателей процесса, что в свою очередь повышает требования к математическим моделям, методам расчета и т.д. Применительно к задачам, учитывающим неоднородность и многофазность пласта, это означает выбор надлежащей модели и способа описания массообменных и фильтрационных процессов.

В частности, двухфазная модель среды применительно к водонасыщенным грунтам рассмотрена в работах [1 – 4], где учтены силовые воздействия фильтрационного потока жидкости на пористый скелет. Принято, что модель среды состоит из двух компонентов, один – идеально упругий, другой – вязкая сжимаемая жидкость. Взаимопроникающее движение твердой и жидкой фаз рассматривается как движение жидкости в деформируемой пористой среде. Уравнение движения такой среды выводилось из общих принципов термодинамики необратимых процессов.

При этом отмечена необходимость учета деформируемости всех фаз среды и их взаимодействие, особенно при изменении давления в каждой компоненте. В данной статье смесь нефти и пористой среды принимается гетерогенной смесью, для описания движения которой можно использовать теории многофазных систем, предложенные в работах [3 – 4], где учитываются динамические эффекты, возникающие из-за несовпадения скоростей частиц пористой среды и нефти. При этом нефть и пористую среду считаем идеально упругой средой, нефть – вязкой сжимаемой жидкостью, их движение в скважине $r_c < r < R$ (r_c , R – соответственно радиусы скважины и контура питания) радиальными.

Уравнения одномерного движения компонентов смеси и законы сохранения масс, при отсутствии массовых сил, согласно работе [4], записываем в виде

$$P \frac{\partial e}{\partial r} + Q \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} = \rho_{11} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \rho_{12} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} + b \left(\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial U}{\partial t} \right), \quad (1)$$

$$Q \frac{\partial e}{\partial r} + R \frac{\partial \varepsilon}{\partial r} = \rho_{12} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + \rho_{22} \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} - b \left(\frac{\partial u}{\partial t} - \frac{\partial U}{\partial t} \right), \quad (2)$$

$$e = \frac{\partial u}{\partial r} + \frac{u}{r}, \quad \varepsilon = \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{U}{r}, \quad P = L + 2N,$$

где t – время; $u(r, t)$ и $U(r, t)$ – радиальные перемещения частиц пористой среды жидкости (нефти); ρ_{11} , ρ_{22} – эффективные плотности твердых и жидких фаз; L , N – коэффициенты Ламе для твердой фазы; Q , R – коэффициенты, характеризующие сжимаемость твердых и жидких фаз; $b = \eta f^2 / k$; η – динамическая вязкость жидкости (нефти); f – пористость; k – проницаемость. Изучим динамическое поле в двухфазной среде при мгновенном образовании точечного источника (стока) в точке $r=0$. Такая задача возникает при рассмотрении динамики системы «пласт – скважина» с большим радиусом контура питания. Мощность источника жидкости определяем по формуле [4]

$$2\pi h f r \left(\frac{\partial U}{\partial t} - \frac{\partial u}{\partial t} \right) = q(t) \quad \text{при } \delta \rightarrow 0,$$

$$u \rightarrow 0, \quad U \rightarrow 0 \quad \text{при } r \rightarrow \infty,$$

где h – толщина продуктивного пласта; S – площадь круга радиусом δ .

Будем считать, что действия источника происходят без разрушения твердой фазы. Тогда необходимо выполнение условия

$$[ru(r, t)] \rightarrow 0 \text{ при } r \rightarrow 0.$$

Применяя одностороннее преобразование Лапласа к уравнениям (1) – (2) по переменной $\tau = c_0 t$

$$\hat{u} = \int_0^\infty u(r, t) e^{-pt} dt, \quad \hat{U} = \int_0^\infty U(r, t) e^{-pt} dt,$$

полагаем $\hat{u} = \hat{u}_1 + \hat{u}_2$, $\hat{U} = \kappa_1 \hat{u}_1 + \kappa_2 \hat{u}_2$,

$$\kappa_i = \frac{P - \rho_{11} \alpha_i^2 - \frac{b \alpha_i^2}{p}}{Q - \rho_{12} \alpha_i^2 - \frac{b \alpha_i^2}{p}} \quad (i = 1, 2),$$

$$\alpha_{1,2}^2 = \frac{\frac{bH_0}{p} + M \pm \sqrt{\left(\frac{bH_0}{p} + M\right)^2 - 4T\left(\Delta + \frac{b\rho}{p}\right)}}{2\left(\Delta + \frac{b\rho}{p}\right)},$$

$$M = \rho_{11}R + \rho_{22}P - 2\rho_{12}Q, \quad \Delta = \rho_{11}\rho_{22} - \rho_{12}^2, \quad T = PR - Q^2,$$

$c_0 = \sqrt{H_0/\rho}$ – скорость распространения продольной волны в смеси «твердая фаза – жидкость»,
 $H_0 = P + 2Q + R$, $\rho = \rho_{11} + \rho_{22} + 2\rho_{12}$.

Функции $\hat{u}_1$ и $\hat{u}_2$ удовлетворяют уравнению

$$\frac{d^2 \hat{u}_i}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d\hat{u}_i}{dr} - \frac{\hat{u}_i}{r^2} = \frac{p^2}{\alpha_i^2} \hat{u}_i \quad (i = 1, 2) \quad (3)$$

и граничным условиям

$$r[(\kappa_1 - 1)\hat{u}_1 + (\kappa_2 - 1)\hat{u}_2] = \frac{\hat{q}(p)}{2\pi h p} \quad \text{при } r \rightarrow 0, \quad (4)$$

$$r[\hat{u}_1(r, p) + \hat{u}_2(r, p)] \rightarrow 0 \quad \text{при } r \rightarrow 0, \quad (5)$$

$$\hat{u}_1 \rightarrow 0, \quad \hat{u}_2 \rightarrow 0 \quad \text{при } r \rightarrow \infty,$$

$$\hat{q} = \int_0^\infty q(t) e^{-pt} dt. \quad (6)$$

Решение уравнения (3), удовлетворяющего условиям (4) – (6), представим в виде расходящихся волн

$$\hat{u}_i = \frac{(-1)^i \hat{q}(p) K_1(pr/\alpha_i)}{2\pi h (\kappa_2 - \kappa_1) p f} \quad (i = 1, 2), \quad (7)$$

где $K_1(z)$ – функция Макдональда первого порядка. Оригиналы функции $\hat{u}_i$ могут быть определены численно.

Рассмотрим случай $b \gg 1$. Для величин α_i и κ_i имеем следующие оценки с точностью до членов первого порядка малости по степеням s/b :

$$\alpha_1 = c_0, \quad \alpha_2 = \sqrt{\frac{Tsc_0}{bH_0}}, \quad \kappa_1 = 1, \quad \kappa_2 = \kappa_* = -(P + Q)/(R + Q).$$

Подставляя полученные оценки в формулу (7), получаем

$$\hat{u}_1 = -\frac{\hat{q}(p)K_1\left(\frac{pr}{c_0}\right)}{2\pi h(\kappa_* - 1)pf}, \quad \hat{u}_2 = -\frac{\hat{q}(p)K_1(r\gamma_0\sqrt{p})}{2\pi h(\kappa_* - 1)pf},$$

где $\gamma_0 = \sqrt{bH_0/T}$.

Изображение по Лапласу выражения для давления в жидкости имеет вид

$$\begin{aligned} \hat{p}_f &= -\frac{1}{f} \left[(Q + R) \left(\frac{d\hat{u}_1}{dr} + \frac{\hat{u}_1}{r} \right) + (Q + \kappa_* R) \left(\frac{d\hat{u}_2}{dr} + \frac{\hat{u}_2}{r} \right) \right] = \\ &= -\frac{\hat{q}(p)}{2\pi h c_0 f^2 (\kappa_* - 1)} \left[(Q + R) K_0\left(\frac{pr}{c_0}\right) - (Q + \kappa_* R) \frac{\gamma_0}{\sqrt{p}} K_0(r\gamma_0\sqrt{p}) \right]. \end{aligned}$$

Рассмотрим случай извлечения жидкости из пласта по закону $q=q_0=\text{const}$. Тогда для скорости частиц твердой и жидких фаз давления получаем выражения

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{q_0(P + Q)}{2\pi h H f} \left[\frac{1}{r\gamma_0} \int_0^t \frac{\exp\left(-\frac{r^2\gamma_0^2}{4\tau}\right)}{\sqrt{\pi(t-\tau)}} d\tau \right] \quad \text{при } 0 < t < r/c_0,$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{q_0(P + Q)}{2\pi h H f} \left[\sqrt{\frac{c_0^2 t^2}{r^2} - 1} - \frac{1}{r\gamma_0} \int_0^t \frac{\exp\left(-\frac{r^2\gamma_0^2}{4\tau}\right)}{\sqrt{\pi(t-\tau)}} d\tau \right] \quad \text{при } t > r/c_0,$$

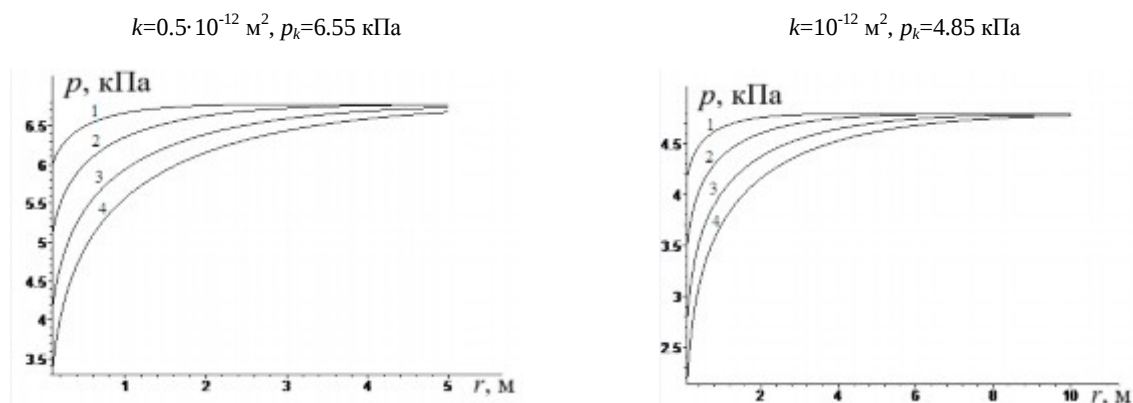
$$\frac{\partial U}{\partial t} = -\frac{q_0(Q + R)}{2\pi h H f} \left[\frac{1}{r\gamma_0} \int_0^t \frac{\exp\left(-\frac{r^2\gamma_0^2}{4\tau}\right)}{\sqrt{\pi(t-\tau)}} d\tau \right] \quad \text{при } 0 < t < r/c_0,$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{q_0}{2\pi h H f} \left[(P + Q) \sqrt{\frac{c_0^2 t^2}{r^2} - 1} - \frac{R + Q}{r\gamma_0} \int_0^t \frac{\exp\left(-\frac{r^2\gamma_0^2}{4\tau}\right)}{\sqrt{\pi(t-\tau)}} d\tau \right] \quad \text{при } t > \frac{r}{c_0},$$

$$p_f = \frac{q_0 T \gamma_0}{2\pi h c_0 f^2 H} \int_0^t \frac{\sqrt{t-\tau}}{\tau} \exp\left(-\frac{r^2\gamma_0^2}{4\tau}\right) d\tau \quad \text{при } 0 < t < \frac{r}{c_0},$$

$$p_f = \frac{q_0}{2\pi h c_0 f^2 H} \left[(Q + R)^2 \ln\left(\frac{c_0 t}{r} + \sqrt{\frac{c_0^2 t^2}{r^2} - 1}\right) + T c_0 \gamma_0 \int_0^t \frac{\sqrt{t-\tau}}{\tau} \exp\left(-\frac{r^2\gamma_0^2}{4\tau}\right) d\tau \right] \quad \text{при } t > \frac{r}{c_0}.$$

На рисунке представлены кривые распределения давления $p=p_k - p_f$ (кПа) по радиусу r (м) пласта (песчаник, насыщенный нефтью) для двух значений проницаемости k в разных моментах времени t (с) при известных значениях контурного давления p_k . В расчетах принято [5]: $f=0.2$, $P=0.92 \cdot 10^8$ кПа, $R=0.031 \cdot 10^8$ кПа, $Q=0.068 \cdot 10^8$ кПа, $c_0=2000$ м/с, $\eta=0.0014$ Н·с/м², $q_0=400$ м³/сутки, $h=10$ м. Видно, что при мгновенном отборе жидкости с увеличением времени давление вблизи стенки скважины снижается, и в зависимости от проницаемости пласта k на расстояниях $r \approx 5 - 10$ м достигает значения на контуре питания.



Кривые распределения давления p_f (кПа) по радиусу r (м) пласта для двух значений проницаемости в различные моменты времени t , с: 1 – $t=10$; 2 – $t=30$; 3 – $t=60$; 4 – $t=90$

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Френкель Я. И. К теории сейсмических и сейсмoeлектрических явлений во влажной почве // Изв. АН СССР. Сер. геогр. и геогр. наук. 1944. № 43. С. 35 – 45.
- [2] Бюо М. А. Механика деформирования и распространения акустических волн в пористой среде // Механика. Сб. переводов. 1963. № 6. С. 103 – 135.
- [3] Рахматулин Х. А. Газовая и волновая динамика. М.: Изд. МГУ, 1983. – 200 с.
- [4] Мардонов Б. М. Волновые процессы в упругих насыщенных средах. Ташкент: Фан, 1991. – 200 с.
- [5] Уайт Д. Е., Михайлов И. Г., Ляховицкий Ф. М. Распространение сейсмических волн в слоистых средах, насыщенных жидкостью и газом // Изв. АН СССР. Сер. «Физика Земли». 1975. № 10. С. 44 – 52.

Наманганский инженерно-технологический институт

Дата поступления
2.04.2019

Р.Р. Рахматов, А.А. Рахманов. Ғовак муҳитдан нефтни сиқиб чиқариш жараёнини моделлаштириш учун кўп фазаги муҳитлар назариясини қўлланилиши

Мақолада нефть ва газ аралашмаси гетероген муҳит деб қабул қилинган ва унинг ҳаракат тенгламаси кўп фазаги тизим асосида келтирилган. Тизимда фазалар тезликлари ҳар хил бўлганлиги сабабли ғовак муҳитда ва нефтда ҳосил бўладиган динамик эффектлар эътиборга олинган. Бундан ташқари фазаларнинг деформацияланиши, айниқса юқори босимларда, ҳамда уларнинг ўзаро таъсирлашув жараёни эътиборга олиш зарурлиги кўрсатилган.

R.R. Rakhmatov, A.A. Rakhmanov. Application of the theory of multiphase systems to simulate the process of spraying oil from a porous medium

In this article, a mixture of oil and a porous medium is accepted as a heterogeneous medium, to describe the motion of which the theory of multiphase systems is used, which takes into account the dynamic effects arising from the discrepancy between the velocities of particles of a porous medium and oil. At the same time, it was noted the necessity to take into account the deformability of all phases of the medium and their interaction, especially when the pressure changes in each component.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАПРАВИТЕЛЯ ДЛЯ ОТТЯЖКИ ПОЛОТНА НА ДВУХФОНТУРНЫХ КРУГЛООБОРОТНЫХ МАШИНАХ

Анализ особенностей направителей для оттяжки трикотажного полотна. Известен направитель для оттяжки трикотажного полотна в двухфонтурных кругловязальных машинах, выполненный в виде цилиндрического кольца, которое жестко установлено в цилиндре вертикально и под углом 45° к направлению петель в зоне петлеобразования [1, 2].

Основным недостатком данной конструкции является получение трикотажного полотна с неравномерной петельной структурой из-за неравенства сил оттяжки петель от игл диска и от игл цилиндра за счет различных сил натяжения. Кроме того, при необходимости обеспечения равенства натяжений полотен при различных значениях трения с соприкасающимися поверхностями, а также колебаниями полотен нет возможности изменения расположения кольцевидного направителя.

Другой известный направитель для оттяжки трикотажного полотна в двухфонтурных кругловязальных машинах, выполненный в виде кольца, установлен жестко в цилиндре машины. При этом кольцо жестко соединено с тремя уголками, закрепленными внутри цилиндра, с возможностью регулирования установки по высоте, при этом углы между ними $j=120^\circ$, а в вертикальных основаниях выполнены вертикальные пазы [3, 4].

Недостатком данной конструкции является неравномерность распределения силы оттяжки по круглому периметру получаемого трикотажного полотна за счет различных длин оттяжки по горизонтали сечения длины образующих оттягиваемых петель, значения которых колеблются в пределах 730 – 750 мм, а по вертикали длины образующих трикотажного полотна достигают до 680 – 700 мм. Эта разница длин образующих приводит к неравноте получения полотна. Из-за неодинаковых углов охвата ширителя полотном разница усилий, растягивающих петельные столбики у края и в центре оттяжных валиков, составляет примерно 10 %.

Эффективная конструктивная схема направителя. Для обеспечения ровноты по всему периметру трикотажного полотна нами усовершенствована конструкция направителя за счет выравнивания сил натяжения оттягиваемых петель по всему периметру трикотажного полотна.

Сущность конструкции направителя для оттяжки трикотажного полотна на двухфонтурных круглооборотных машинах заключается в том, что направитель выполнен в виде кольца и установлен жестко в цилиндре машины (рис. 1, а, б, в, г), при этом кольцо жестко соединено с тремя уголками 7, закрепленными внутри цилиндра 11, с возможностью регулирования установки по высоте, при этом углы между ними $j=120^\circ$, а в вертикальных основаниях выполнены вертикальные пазы 10, причем проволока кольца выполнена с различными диаметрами по периметру с плавными переходами между ними. При этом диаметр проволоки по краям кольца больше на 30 – 35 мм, чем диаметры кольца по его центру. Каждая из четырех зон кольца по центру и по краям охватывает $75^\circ - 80^\circ$ по окружности кольца. Переменность диаметров проволоки кольца обеспечивает равномерность получения трикотажного полотна, ликвидируя разницу длин образующих оттяжных петель.

Предлагаемая конструкция работает следующим образом. Иглы 1 нижнего цилиндра 11, двигаясь вверх и вниз по вертикали, образуют петли 2, а иглы 3 верхнего цилиндра 4, двигаясь возвратно-поступательно по вертикали, образуют петли 5. Петли 2 и 5, обхватывая под определенными углами направитель 6, далее оттягиваются вниз. При этом за счет колебаний петель 2 и 5 и различных значений их сил трения с поверхностями верхнего цилиндра 4 и нижнего цилиндра 11 натяжения петель будут различными.

За счет регулировки установки по вертикали уголков 7 направителя 6 посредством винтов 8 и шайб 9 можно выбрать необходимое положение кольца 6, обеспечивающее неравномерность натяжений петель 2 и 5. При этом оттягивание петель 2 и 5 по краям направителя 6 за счет его выполнения из проволоки с большим диаметром d_2 относительно диаметра d_1 на 30 – 35 мм обеспечивается выравнивание длин оттяжки полотна по всему периметру направителя 6. Рекомендуемая конструкция позволяет получать трикотажное полотно высокого качества [5].

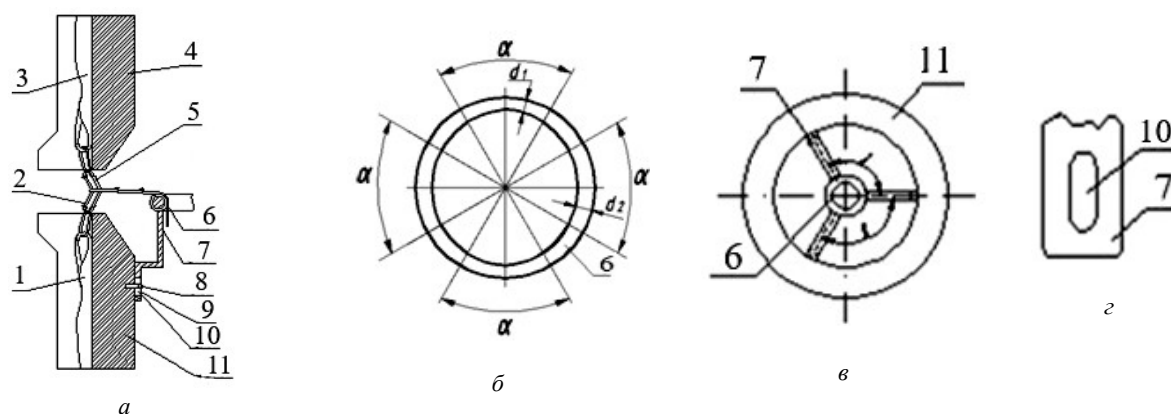


Рис. 1. Направитель для оттяжки трикотажного полотна на двухфонтурных круглооборотных машинах: *а* – общая схема направителя в зоне петлеобразования; *б* – вид *С*, α – угол обхвата зон; *в* – вид *А*; *з* – вид *В*; 1, 3 – иглы нижнего и верхнего цилиндров; 2, 5 – петли нижнего и верхнего цилиндров; 4 – верхний цилиндр; 6 – направитель в виде кольца с различными диаметрами проволоки по зонам кольца; 7 – уголки; 8 – винты; 9 – шайбы; 10 – пазы в вертикальных основаниях уголков; 11 – нижний цилиндр

Определение натяжений петель полотна. Для аналитического решения задачи определения натяжений полотен верхнего и нижнего цилиндров в двухфонтурных круглооборотных машинах при использовании нового эффективного направителя в виде кольца с изменяющимся сечением проволоки на рис. 2 представлена расчётная схема.

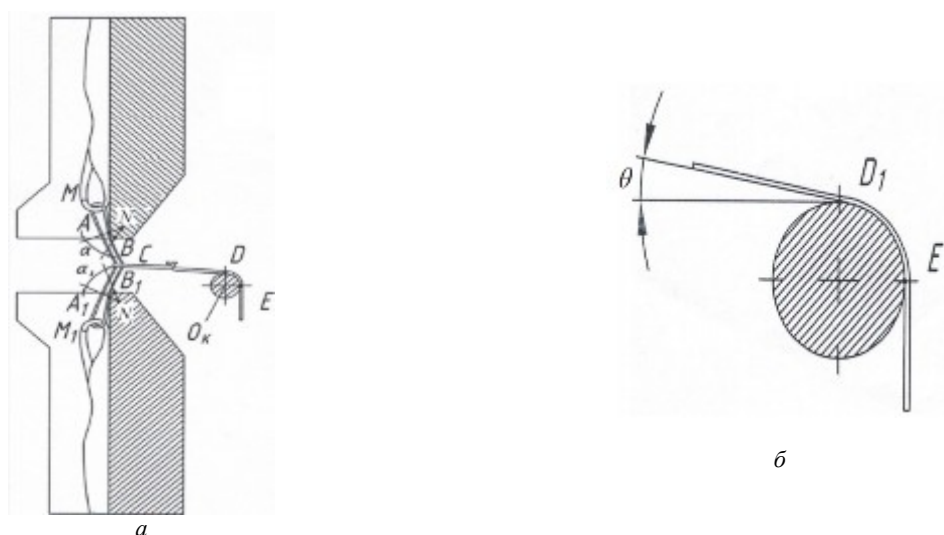


Рис. 2. Расчётная схема зоны оттяжки полотен верхнего и нижнего цилиндров в двухфонтурной круглооборотной машине: *а* – при горизонтальном направлении полотен; *б* – при наклонном направлении полотен

Входное натяжение полотна в верхнем цилиндре трикотажной машины

$$T_{ex} = T_{cp} + T_0 \sin nt, \quad (1)$$

где T_{cp} – среднее значение входного натяжения полотна верхнего цилиндра; T_0 – амплитуда колебаний входного натяжения верхнего цилиндра; n – частота изменения входного натяжения полотна; t – время изменения входного натяжения.

Оттяжка трикотажного полотна, охваченного кольцом иглы верхнего цилиндра двухфонтурной круглооборотной машины, происходит в зоне угла обхвата α , при этом натяжение полотна после кольца иглы верхнего цилиндра будет определяться согласно формуле Эйлера:

$$T_k = T_{ex} e^{f(2\pi-j)}, \quad (2)$$

где j – угол охвата полотна кольцом иглы верхнего цилиндра; f – коэффициент трения полотна о поверхность кольца иглы верхнего цилиндра.

При этом имеем

$$T_k = e^{f(2\pi-j)} [T_{cp} + T_0 \sin nt] . \quad (3)$$

При прохождении полотна в верхнем цилиндре зоны NA за счёт трения между поверхностью цилиндра возрастает натяжение и выражение для его определения имеет вид

$$T_A = F_{mp} + e^{f(2\pi-j)} [T_{cp} + T_0 \sin nt] , \quad (4)$$

где F_{mp} – сила трения между полотном и поверхностью верхнего цилиндра в зоне NA .

Трикотажное полотно в верхнем цилиндре проходит через округление зоны AB , при этом его натяжение составит

$$T_{AB} = T_A e^{f\alpha} , \quad (5)$$

где α – угол соприкосновения полотна в зоне AB .

Далее верхнее полотно выходит из контакта верхнего цилиндра, связывается с полотном, выходящим из контакта с нижнего цилиндра двухфонтурной круглооборотной машины, при этом выходное натяжение будет

$$T_{AB} = F_{mp} e^{f\alpha} + e^{f(2\pi-j+\alpha)} [T_{cp} + T_0 \sin nt] . \quad (6)$$

Рассмотрим натяжение полотна, выходящего из нижнего цилиндра трикотажной машины, согласно расчётной схеме, представленной на рис. 2. Учитывая, что схема подачи верхнего и нижнего полотен происходит симметрично, выходное натяжение нижнего полотна определяется из выражения

$$T_{A_1B_1} = F_{mp_1} e^{f\alpha_1} + e^{f(2\pi-j_1+\alpha_1)} [T_{cp_1} + T_{0_1} \sin n_1 t] . \quad (7)$$

При объединении верхнего и нижнего полотен общее натяжение при $\alpha=\alpha_1$; $j=j_1$; $n=n_1$ будет

$$T_{общ} = e^{f\alpha} (F_{mp} + F_{mp_1}) + e^{f(2\pi-j+\alpha)} [T_{cp} + T_{cp_1} + \sin nt (T_0 + T_{0_1})] . \quad (8)$$

Как известно, конструкции направителя полотна при оттягивании образующей длины различаются и поэтому направитель выполнен изогнутым по высоте его плоскости, при этом высота по краям кольца на 30 – 35 мм больше, чем высота зон кольца по центру и каждая зона охватывает $75^\circ - 80^\circ$ по его периметру (см. рис. 1). Поэтому высота установки кольца по его краям предусматривается в горизонтальной плоскости оттягивания объединённых полотен. При этом выходное натяжение полотен в зоне оттягивания по краям кольца направителя составит

$$T_{вых} = T_{общ} e^{f\beta} , \quad (9)$$

где β – угол обхвата полотна трикотажа поверхности кольца направителя машины, $\beta = DO_k E$.

Во втором положении, т.е. при оттягивании полотен по центру кольца направителя, полотна трикотажа будут наклонены вниз под определённым углом θ . При этом изменяются угол обхвата α на $\Delta\alpha$, а угол обхвата β полотен кольцом уменьшается на $\Delta\beta$. Тогда выходное натяжение полотен перед их оттягиванием будет определяться из выражения

$$T'_{общ} = F'_{mp} e^{f(\alpha-\Delta\alpha)} + F'_{mp_1} e^{f(\alpha_1+\Delta\alpha_1)} + [T_{cp} + T_{cp_1} + (T_0 + T_{0_1}) \sin nt] (e^{f(2\pi-j+\alpha-\Delta\alpha)} + e^{f(2\pi-j+\alpha_1-\Delta\alpha_1)}) . \quad (10)$$

При этом с учётом оттягивания полотен наклонно под углом θ к горизонтальной оси в зоне по центру кольца направителя трикотажной машины общее натяжение оттягивания определяется из выражения

$$T'_{вых} = F'_{mp} e^{f(\alpha-\Delta\alpha)} + F'_{mp_1} e^{f(\alpha_1+\Delta\alpha_1)} + [T_{cp} + T_{cp_1} + (T_0 + T_{0_1}) \sin nt] \times \\ \times (e^{f(2\pi-j+\alpha-\Delta\alpha)} + e^{f(2\pi-j+\alpha_1-\Delta\alpha_1)}) (e^{fC} + e^{fD}) , \quad (11)$$

где $C = 4\pi - j - \beta + \theta + \alpha - \Delta\alpha$; $D = 2\pi - j - \beta + \theta + \alpha_1 + \Delta\alpha_1$.

Выводы. Разработана новая эффективная конструкция направителя, позволяющая выравнивание сил оттяжки петель трикотажа как по центру, так и по краям зоны оттяжки, тем самым получению трикотажа высокого качества. Получены формулы для расчёта силы оттяжки петель

трикотажа по центру и по краям зоны оттяжки в круглооборотной трикотажной машине с учётом влияния начального натяжения петель, силы трения, геометрических размеров зоны оттяжки и направителя.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mohammed M. Abdul-Bari, Rachel H. McQueen, Ha Nguyen, Wendy V. Wismer, A. Paulina de la Mata, James J. Harynuk. Synthetic Clothing and the Problem With Odor, Comparison of Nylon and Polyester Fabrics // Clothing and Textiles Research Journal. Vol. 36. 2018. Issue 4. P. 251 – 266.
- [2] Abdul Basit, Wasif Latif, Sajjar Ahmad Baig, Ali Afzal. The Mechanical and Comfort Properties of Sustainable Blended Fabrics of Bamboo With Cotton AND Regenerated Fibers // Clothing and Textiles Research Journal. Vol. 36. 2018. Issue 4. P. 267 – 280.
- [3] Патент № FAP 01083. Направитель для оттяжки трикотажного полотна на двухфонтурных кругловязальных машинах. Усмонкулов Ш.К., Мукимов М.М., Алланиязов Г.Ш., Джураев А.Д. Бюл. 2016. № 4.
- [4] Усмонкулов Ш.К. Пути улучшения качества двухслойного трикотажа путем совершенствования механизма оттяжки двухфонтурных кругловязальных машин // Журнал «Проблемы текстиля». Ташкент, 2016. № 2. С. 30 – 34.
- [5] Алламуратова Т.К., Мукимов М.М., Джураев А.Д. Айлана икки игнадонли оборот тўқув машиналарида трикотаж матосини тортишга мўлжалланган йўналтирувчи мослама // Журнал «Проблемы текстиля». Ташкент, 2018. № 2. С. 69 – 74.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Дата поступления
14.01.2019

Т.К. Алламуратова, М.М. Мукимов, М.А. Мансурова. Икки игнадонли айлана оборотли тўқув машиналарида трикотаж матосини тортишга мўлжалланган йўналтирувчи мослама конструкциясини такомиллаштириши ва параметрларини асослаши

Мақолада айлана икки игнадонли оборот тўқув машинасида трикотаж матосининг бир текис тарангликда тортилишини таъминловчи йўналтирувчининг янги самарали конструкцияси схемаси ва ишлаш принципи келтирилган. Назарий изланишлар асосида юқори ва пастки игнадонда тортилаётган ҳалқаларининг таранглигини аниқлаш формуласи олинди.

T.K. Allamuratova, M.M. Mukimov, M.A. Mansurova. Design development and justification of the parameters of the guide for the delay of the fabric on the double-ended circular rotating machines

The article presents the scheme and principle of operation of the new efficient design of the guide for evenly stretching the knitted fabrics on the double-loop circular rotary machines. Based on theoretical studies, formulas have been obtained for determining the tension of the web loops when they are pulled off the upper and lower cylinders on a knitting machine.

УДК 631.358:633.51

Г.К. АННАКУЛОВА, Б.Ж. АСТАНОВ, С.А. САИДОВ, А.З. ЮСУПОВ

СТАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ НАВЕСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВЫСОКОКЛИРЕННОГО ПОРТАЛЬНОГО ТРАКТОРА

Как известно, качество и количество производимых сельскохозяйственных продуктов зависит от своевременного и качественного проведения всех технологических операций в оптимальные сроки со строгим соблюдением всех агротехнических требований. Обеспечение оптимальных агротехнических сроков выполнения полевых работ и сведение к минимуму отрицательных воздействий тракторов на почву путем сокращения кратности проходов по полю требует разработки, производства и поставки в сельское хозяйство более современной, высокоэффективной и экономичной сельскохозяйственной техники.

На универсально-пропашных тракторах в качестве гидравлической навесной системы (ГНС) применяется плоский рычажной навесной механизм с вращающимися кинематическими парами звеньев. ГНС управляется раздельно-агрегатным гидравлическим приводом трактора, основными элементами которого являются: масляный бак, насос, распределитель, силовой цилиндр и гидролинии. ГНС современных портальных тракторов должна обеспечить грузоподъемность до 1.8 т (17.658 кН) и более. Эффективная работа ГНС трактора существенно зависит от правильного расчета подъемной силы, определения необходимого и достаточного количества и типов устанавливаемых гидроцилиндров, а также обоснования их основных параметров.

Для расчета ГНС тракторов применяют статический (силовой) и графический (рычаг Н.Е. Жуковского) методы, при которых последний является более эффективным и менее трудоемким. Метод Н.Е. Жуковского основан на использовании плана скоростей звеньев механизма, построенного в произвольном масштабе [1]. Для этой цели целесообразно использовать повернутый (90°) план скоростей, построенный в масштабе ведущего звена. При этом относительные скорости звеньев в плане скоростей направлены параллельно к самим звеньям в кинематической схеме (рис. 1).

Для построения плана скоростей механизма должны быть известны величина, направление и точка приложения скорости точки P ведущего звена и направления скорости точки K , перпендикулярной к продольной тяге (рис. 2).

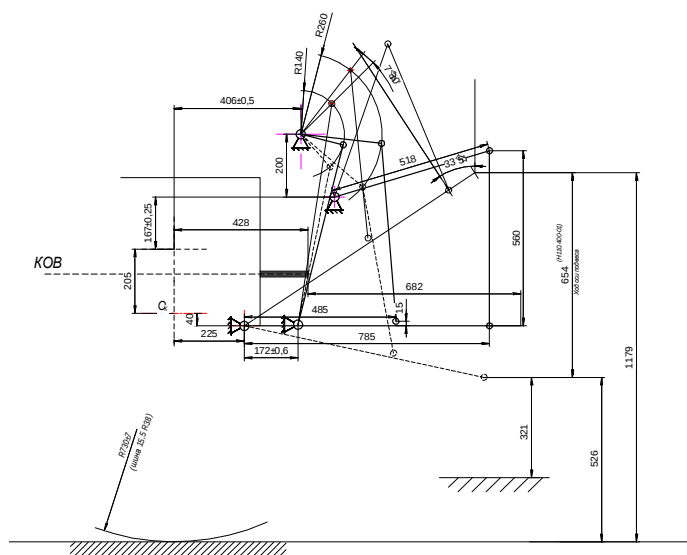


Рис. 1. Принципиальная кинематическая схема навесного оборудования

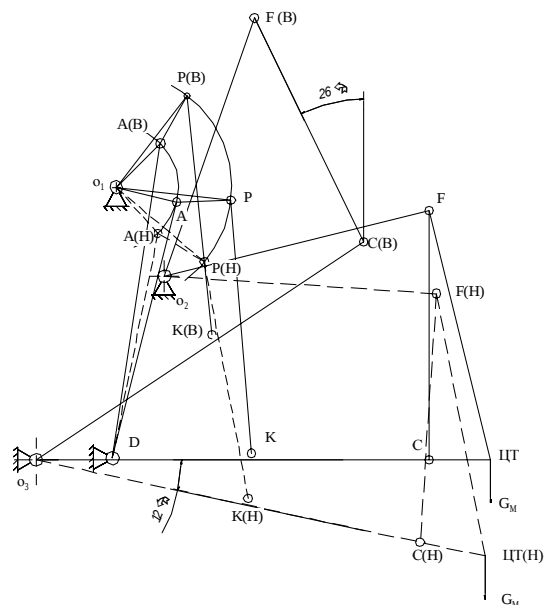


Рис. 2. Кинематическая схема навесного оборудования

Скорость V_p точки P ведущего звена механизма равна

$$V_p = \omega_2 l_2 = \omega_2 \mu_l (O_1 A) = \omega_2 (pc), \quad (1)$$

где p – полюс плана скоростей; ω_2 – угловая скорость ведущего звена, c^{-1} ; l_2 – длина ведущего звена в натуре, м; $O_1 A$ – длина отрезка в схеме механизма, соответствующая в масштабе μ_l длине ведущего звена l_2 , мм; pc – отрезок в плане скоростей, соответствующий V_p и равный по величине отрезку $O_1 A$, мм.

Масштаб скорости для плана скорости принимается [1] равным

$$\mu_v = \omega_2 \mu_l, \quad (2)$$

где μ_l – масштаб схемы механизма.

Для решения задачи кинематическую схему (см. рис. 2) ГНС трактора вычерчивают в масштабе для трех положений:

- условное рабочее положение – «УРП», при котором нижняя продольная тяга установлена горизонтально;
- крайне верхнее транспортное положение «В»;
- крайне нижнее положение «Н».

Рассмотрим методику расчета для положения «УРП» с построением повернутого плана скоростей звеньев механизма. Из произвольной точки-полюса плана скоростей откладываем отрезок pc (рис. 3, а), равный длине ведущего звена $O_1 A$ по схеме и параллельный к нему. Из точки P проводим линию, параллельную раскосе PK и из полюса p – линию, параллельную к нижней продольной тяге OC , в точке пересечения их получаем точку k . Длину отрезка pc в плане скоростей определяем, исходя из подобия его с продольной тягой OC . Для этого отрезок pc в плане скоростей

надо разделить в том же отношении, в каком K делит отрезок OC на схеме механизма в следующей пропорции:

$$\frac{OC}{OK} = \frac{pc}{pk},$$

отсюда

$$pc = \frac{OC}{OK} \cdot pk. \quad (3)$$

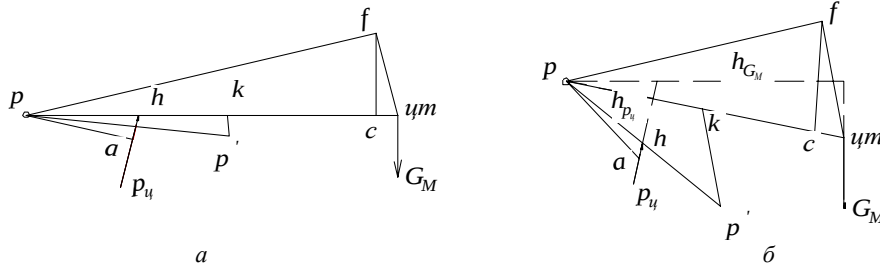


Рис. 3. Повернутый план скорости оборудования: a – в положении “УРП”; b – в положении “Н”

Теперь из точки c проведем перпендикуляр к линии pc плана скоростей, так как плоскость присоединительного треугольника FCC (вид сбоку кинематической схемы) в рабочем положении ГНС должна быть вертикальной или тоже самое, параллельную линию к стойке CF , и из полюса p плана скоростей проводим линию параллельную к верхней тяге O_2F механизма. Из точки пересечения этих линий f в плане скоростей проводим параллельную линию к FQT по схеме механизма, и, продолжая линию pc плана скоростей, получаем точку их пересечения $ЦТ'$, куда приложена масса сельхозорудия G_M .

Масштаб рассматриваемой кинематической схемы примем в форме

$$\mu_l = \frac{L_H^{e_3}}{l_{kc}^{e_3}} = \frac{0.14}{16} = 0.00875, \text{ м/мм},$$

где $L_H^{e_3}$ – длина ведущего звена в натуре, т.е. навешанной на трактор, м; $l_{kc}^{e_3}$ – длина ведущего звена, принятая в кинематической схеме, мм.

Определим угловую скорость ведущего звена O_1A по формуле

$$\omega_2 = \frac{\alpha\pi}{180t} = \frac{38 \cdot 3.14}{180 \cdot 2} = 0.33, \text{ с}^{-1}.$$

Здесь t – время подъема сельхозорудия. Тогда, согласно соотношению (2),

$$\mu_v = 0.33 \cdot 0.00875 = 0.0029 \text{ м/(с} \cdot \text{мм)}.$$

Из схемы механизма перенесем линию действия усилия гидроцилиндра P_u в план скоростей – в точку a . Теперь, чтобы система находилась в равновесии, должна быть

$$\sum_{i=1}^n M_p(P_i) = 0,$$

т.е. сумма моментов, приложенных к звеньям механизма сил P_i относительно полюса p плана скоростей, равна нулю. Это условие для рассматриваемого случая будет иметь вид

$$P_n h = G_M L,$$

где P_n – подъемное усилие навесного устройства, приложенное в направлении усилия действия гидроцилиндра; G_m – вес навесной машины, Н; h и L – плечи усилия гидроцилиндра и веса машины относительно полюса p плана скоростей звеньев механизма соответственно.

Имеем

$$P_n = \frac{G_M \cdot L}{h}. \quad (4)$$

Определим количество и марки гидроцилиндров, обеспечивающих нормальную подъемную силу ГНС при весе навесной машины $G_M=1.8\text{м}$ (17.658 кН), используя построенный повернутый план скоростей звеньев механизма ГНС аналогично для положения «УРП» (рис. 3, б). Согласно формуле (4), при $h=0.016$ м, $L=0.053$ м необходимая подъемная сила будет

$$P_n = \frac{G_M \cdot L}{h} = \frac{17.658 \cdot 0.054}{0.016} = 59.595 \text{ кН}.$$

Усилие гидроцилиндра $P_{\text{ц}}$ равно [2]

$$P_{\text{ц}} = p_{\text{жс}} \cdot f_{\text{ц}},$$

где $p_{\text{жс}}=16$ МПа – давление жидкости,

$$f_{\text{ц}} = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.08^2}{4} = 0.0050 \text{ м}^2,$$

$$p_{\text{жс}} = 10 \text{ МПа} = 10^7 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

$$P_{\text{ц}80} = p_{\text{жс}} \cdot f_{\text{ц}} = 10^7 \cdot 0.0050 = 50.24 \text{ кН}.$$

Так как $P_{\text{ц}} < P_n$, то выбираем гидроцилиндр Ц100, $f_{\text{ц}} = 0.00785$;

$$P_{\text{ц}100} = 10^7 \cdot 0.00785 = 78.5 \text{ кН}.$$

Теперь, используя построенный план (см. рис. 3, б) для положения крайне нижнего «Н», определим необходимую подъемную силу при $h=0.013$ м, $L=0.04$ м

$$P_n = \frac{G_M \cdot L}{h} = \frac{17.658 \cdot 0.054}{0.013} = 54.33 \text{ кН}.$$

Таким образом, поскольку подъемная сила при положении «УРП» больше, чем при положении «Н», то для обеспечения нормальной подъемной силы ГНС достаточно гидроцилиндра $P_{\text{ц}100}$.

Так как

$$G_M = \frac{P_{\text{ц}100} \cdot h}{L} = \frac{78.50 \cdot 0.016}{0.054} = 23.26 \text{ кН} = 2.37 \text{ т},$$

гидроцилиндром Ц100 можно поднять орудие весом 2.37 т [2].

С помощью графочисленного метода Жуковского построены планы скоростей звеньев навесного механизма портального трактора для условно рабочего и крайне нижнего положений.

Произведен статический расчет навесного оборудования высококлиренсного портального трактора. Для подъема навесного оборудования портального трактора рекомендован гидроцилиндр марки Ц100.

Обоснованы параметры устанавливаемого гидроцилиндра.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. М.: Наука, 1988. – 640 с.
- [2] Шарипов В. М. Конструирование и расчет тракторов. М.: Машиностроение, 2009. – 751 с.

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

Дата поступления
28.01.2019

Г.К. Аннакулова, Б.Ж. Астанов, С.А. Саидов, А.З. Юсупов. Юқори клиренсли портал трактори осма тизимини статик ҳисоблаш

Мақолада юқори клиренсли портал трактори осма тизими статик ҳисобланган. Портал трактори осма тизимининг ишчи ва қўйи ҳолати тезликлари плани Жуковскийнинг сонли-график усули ёрдамида қўрилган. Портал трактори осма тизими учун Ц100 маркали гидроцилиндр тавсия этилган. Осма тизимга ўрнатилган гидроцилиндрнинг параметрлари асосланган.

G.K. Annakulova, B.J. Astanov, S.A. Saidov, A.Z. Yusupov. Static calculation of hinged equipment of a high-clearance portal tractor

Static calculation of hinged attachments of a high-clearance portal tractor is given in the paper. Using the graphic-numerical Zhukovsky method, the velocity plans of the links of the hinged mechanism of the portal tractor have been plotted for conventionally working and extremely low positions. To lift the hinged equipment of the portal tractor, the hydraulic cylinder of S100 brand has been recommended. The parameters of the installed hydraulic cylinder are substantiated.

УДК 531.38, 675.055

Г.А. БАХАДИРОВ, А.М. НАБИЕВ, М.У. МУСИРОВ, З.А. РАХИМОВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВРАЩАЮЩЕГО МОМЕНТА ВАЛОВ НА ИХ УГЛЫ ЗАХВАТА

Исследованиям динамики валковых пар для механической обработки кожевенного полуфабриката посвящено много работ. В целях обеспечения плавной и устойчивой работы технологической линии для транспортирования и механической обработки плоского материала валковой парой ранее рассмотрено и математически описано движение обрабатываемого кожевенного полуфабриката, завешенного вперегиб на опорные плиты, где их подача в зону механической обработки осуществляется посредством тяговых цепей [1 – 3].

Рассмотрим динамику валковой пары при механической обработке кожевенного полуфабриката, подаваемого вперегиб на опорной плите в вертикальном направлении посредством тяговых цепей в зону валковой пары. Составим уравнение движения кожевенного полуфабриката, завешенного вперегиб на опорной плите, используя уравнение Лагранжа второго рода. Далее, пользуясь обобщенной координатой, рассмотрим угол захвата α (рис. 1).

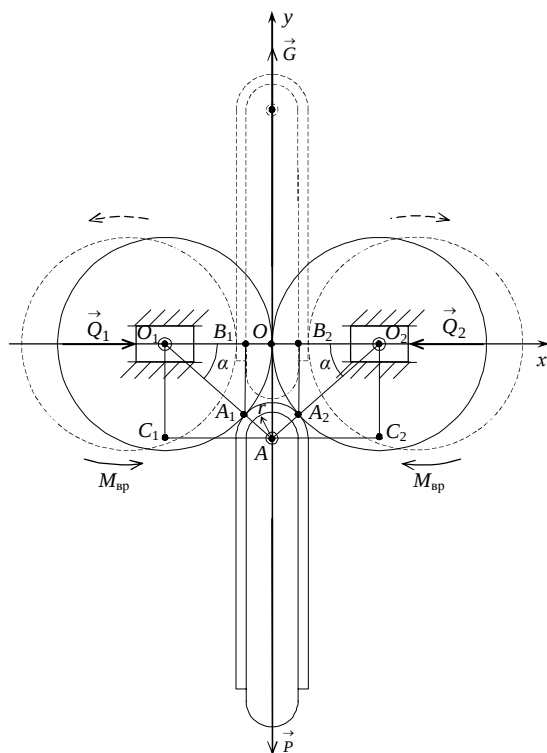


Рис. 1. Схема подачи кожевенного полуфабриката на опорной плите между валковой парой



а



б

Рис. 2. Виды опорной плиты (а) и способ её крепления на тяговых цепях (б)

Для составления уравнения движения рассчитаем кинетическую энергию опорной плиты и валов. Из рис. 1 – 2, а видно, что мокрый кожевенный полуфабрикат, завешенный вперегиб на опорную плиту, будет совершать поступательное движение в горизонтальном и вертикальном направлении.

В данном случае кинетическая энергия опорной плиты будет иметь следующий вид [4]:

$$T_1 = \frac{1}{2} m_1 \dot{y}^2, T_2 = \frac{1}{2} m_2 \dot{y}^2, T_3 = \frac{1}{2} m_3 \dot{y}^2, \quad (1)$$

где T_1 , T_2 и T_3 – кинетическая энергия тяговой цепи, кожевенного полуфабриката и опорной плиты соответственно; m_1 , m_2 и m_3 – масса тяговой цепи, кожевенного полуфабриката и опорной плиты соответственно.

Далее уравнение (1) запишем в следующем виде:

$$T_{1,2,3} = \frac{1}{2} (m_1 + m_2 + m_3) \dot{y}^2. \quad (2)$$

Из рис.1 видно, что валы будут перемещаться симметрично, и совершать плоскопараллельное движение в горизонтальной плоскости, а их кинетическая энергия будет иметь следующий вид:

$$T_4 = T_5 = \frac{1}{2} m_4 \dot{x}^2 + \frac{1}{2} J_{O_1} \omega_1^2,$$

где T_4 , T_5 – кинетическая энергия валов, $T_4=T_5$; m_4 , m_5 – масса соответствующих валов, $m_4=m_5$; J_{O_1} – момент инерции вала, центр которого находится в точке O_1 ; ω_1 – угловая скорость вала. Момент инерции вала J_{O_1} зависит от многих показателей, таких как вал полый или цельный, соответственно массы, радиусов и параметров элементов, движущихся вместе с валом (см. рис. 2, б) [3, 4].

Составим уравнение движения рабочей валковой пары:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial \dot{\alpha}} - \frac{\partial T}{\partial \alpha} = Q_\alpha. \quad (3)$$

Здесь T – кинетическая энергия; Q_α – обобщенная сила.

Теперь рассчитаем общую кинетическую энергию:

$$\begin{aligned} T = T_{123} + T_4 + T_5 &= \frac{1}{2} (m_1 + m_2 + m_3) \dot{y}^2 + 2 \left(\frac{1}{2} m_4 \dot{x}^2 + \frac{1}{2} J_{O_1} \omega_1^2 \right) = \\ &= \frac{1}{2} (m_1 + m_2 + m_3) \dot{\alpha}^2 (R + r)^2 \cos^2 \alpha + m_4 \dot{\alpha}^2 (R + r)^2 \sin^2 \alpha + J_{O_1} \omega_1^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Для расчета обобщенной силы используем принцип возможных перемещений и определяем выполненную работу:

$$\begin{aligned} \delta A_\alpha &= Q_\alpha \delta \alpha, \\ \delta A_\alpha &= 2M_{ep} \delta \alpha + 2Q \delta x + G \delta y - P \delta y, \end{aligned} \quad (5)$$

где G – втягивающая сила тяговой цепи; P – сила тяжести тяговой цепи, кожевенного полуфабриката и опорной плиты; $Q=Q_2=Q_3$ – усилие прижима валов; M_{ep} – вращающий момент рабочего вала.

Перемещения δx и δy будут равны следующему:

$$\begin{cases} \delta x = -(R + r) \sin \alpha \delta \alpha, \\ \delta y = (R + r) \cos \alpha \delta \alpha. \end{cases} \quad (6)$$

Рассчитывая обобщенную силу выражения (6), подставляем в (5) и получаем следующее значение:

$$Q_\alpha = 2M_{ep} + (G - P)(R + r) \cos \alpha - 2Q(R + r) \sin \alpha. \quad (7)$$

Используя выражения (4) и (7), запишем уравнение (3) в следующем виде и составим уравнение движения рабочей валковой пары:

$$\left((m_1 + m_2 + m_3)\cos^2 \alpha + 2m_4 \sin^2 \alpha\right)(R+r)^2 \ddot{\alpha} + \left(m_4 - \frac{m_1 + m_2 + m_3}{2}\right)(R+r)^2 \times \\ \times \omega^2 \sin 2\alpha = 2M_{ep} + (G-P)(R+r)\cos \alpha - 2Q(R+r)\sin \alpha. \quad (8)$$

В данной задаче рассматриваемые опорная плита и валы будут совершать движение с постоянной скоростью. Здесь будет уместно равенство $\dot{y} = (R+r)\dot{\alpha} \cos \alpha = (R+r)\omega \cos \alpha = \text{const}$ и выполняется равенство $\dot{\alpha} = \omega = \text{const}$. С учетом того, что $\dot{\alpha}$ неизменная, получаем равенство $\ddot{\alpha} = 0$.

В первом приближении пусть $M_{ep}=0$, т.е. рассмотрим случай, когда внешние силы не будут действовать на коженный полуфабрикат и валы (рис. 2 и 3). В данном случае уравнение (8) принимает следующий вид:

$$m(R+r)^2 \omega^2 \sin 2\alpha = (G-P)(R+r)\cos \alpha - 2Q(R+r)\sin \alpha, \quad (9)$$

здесь $m = m_4 - \frac{m_1 + m_2 + m_3}{2}$.

Находим решение уравнения (9) с учетом $R+r$:

$$(m\omega^2 \sin 2\alpha)(R+r)^2 - ((G-P)\cos \alpha - 2Q\sin \alpha)(R+r) = 0. \quad (10)$$

Уравнение (10) преобразуем к следующему виду:

$$R+r = \frac{(G-P)\cos \alpha - 2Q\sin \alpha}{m\omega^2 \sin 2\alpha}. \quad (11)$$

Чтобы выражение (11) было уместным, должны выполняться следующие условия:

$$R+r = \frac{(G-P)\cos \alpha - 2Q\sin \alpha}{m\omega^2 \sin 2\alpha} \geq 0, \quad \text{tg} \alpha \leq \frac{G-P}{2Q}, \quad -\frac{\pi}{2} + \pi n \leq 0 \leq \text{arctg} \left(\frac{G-P}{2Q} \right).$$

В данной задаче угол захвата α не принимает значения меньше нуля:

$$0 < \alpha \leq \text{arctg} \left(\frac{G-P}{2Q} \right). \quad (12)$$

Уравнение (11) запишем в виде

$$R = \frac{(G-P)\cos \alpha - 2Q\sin \alpha}{m\omega^2 \sin 2\alpha} - r. \quad (13)$$

Уравнение (13) выражает изменение радиуса рабочего вала в зависимости от угла α .

Для решения поставленной задачи использовали вычислительную программу Maple 18 для Windows и получили графические решения изменения радиуса рабочего вала в зависимости от угла α по заданным значениям, когда $M_{ep}=0$; а) $Q=20$ Н и б) $Q=40$ Н (см. рис. 3).

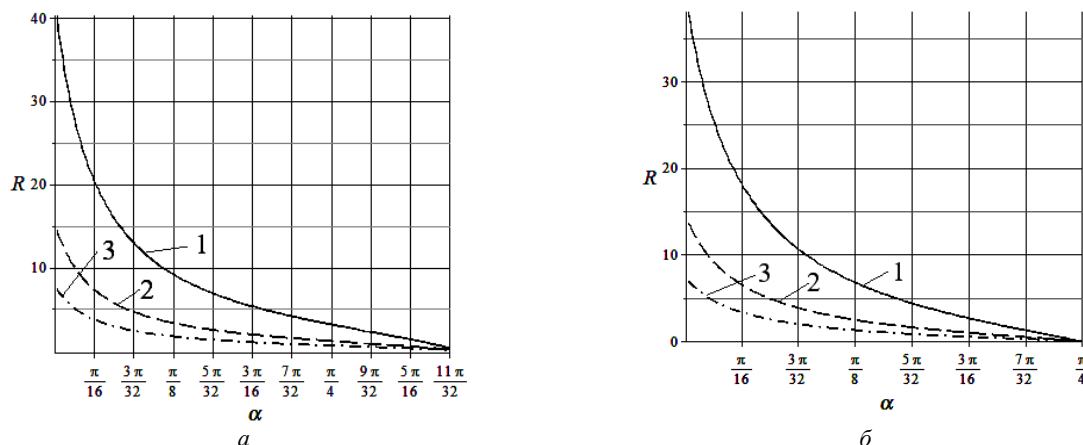


Рис. 3. Изменение радиуса рабочего вала R в зависимости от угла захвата α при: 1 – $\omega=3$ с⁻¹; 2 – $\omega=5$ с⁻¹; 3 – $\omega=7$ с⁻¹; а – $Q=20$ Н; б – $Q=40$ Н

Следует отметить, что условие (12) не всегда выполняется. Объяснением этого являются прочность и долговечность тяговых цепей, на которые смонтированы опорные плиты.

Если втягивающая сила G не достигает необходимой величины, то это приводит к невыполнению условия (12). Чтобы решить данную задачу, необходимо учитывать вращающие моменты валов (рис. 4):

$$a(R+r)^2 + b(R+r) + c = 0,$$

где $a = m\omega^2 \sin 2\alpha$, $b = -((G-P)\cos\alpha - 2Q\sin\alpha)$, $c = -2M_{\text{вп}}$.

$$R_{1,2} = \left(\frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a} \right) - r. \quad (14)$$

Здесь $D = b^2 - 4ac$.

Полученное уравнение (14) выражает изменения радиуса рабочего вала в зависимости от угла захвата α с учетом вращающих моментов.

Построим графики изменения радиуса вала в зависимости от угла захвата α по заданным значениям, когда а) $Q=20$ Н, б) $Q=40$ Н (см. рис. 4) с учетом вращающего момента вала, когда $M_{\text{вп}}=20$ Н·м.

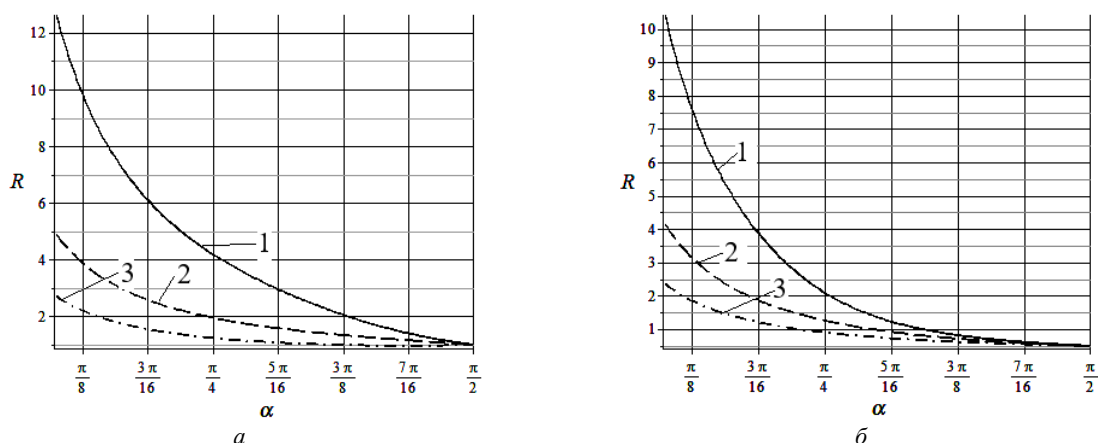


Рис. 4. Изменение радиуса вала R в зависимости от угла захвата α при: 1 – $\omega=3$ с⁻¹; 2 – $\omega=5$ с⁻¹; 3 – $\omega=7$ с⁻¹; а – $Q=20$ Н; б – $Q=40$ Н

Для сравнения частных случаев при принудительном и свободном захвате кожанного полуфабриката рабочей валковой парой построим графики изменения радиуса рабочего вала в зависимости от угла α по заданным значениям, когда выбрали среднюю $\omega=5$ с⁻¹; для случаев при а) $M_{\text{вп}}=0$ и б) $M_{\text{вп}}=20$ Н·м (рис. 5).

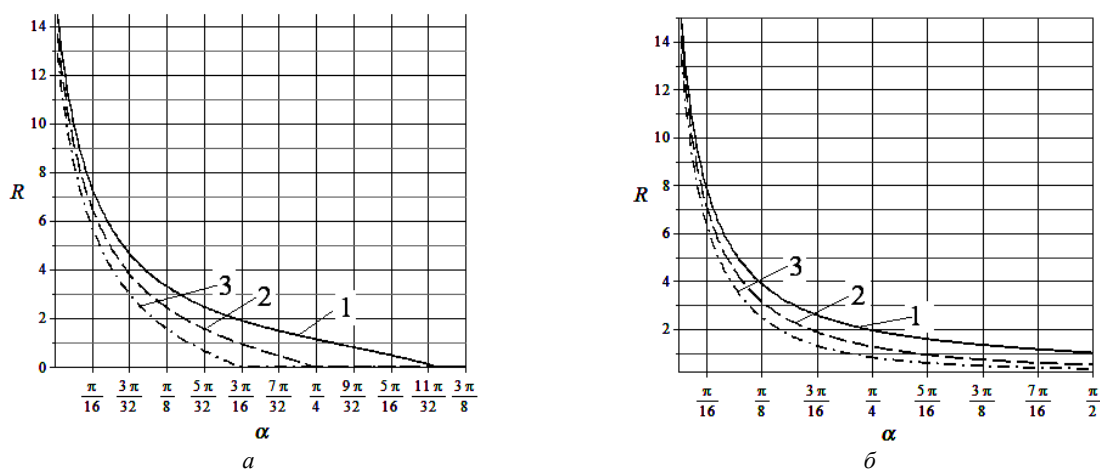


Рис. 5. Изменение радиуса вала R в зависимости от угла α при среднем $\omega=5$ с⁻¹: а – $M_{\text{вп}}=0$; б – $M_{\text{вп}}=20$ Н·м; 1 – $Q=20$ Н; 2 – $Q=40$ Н; 3 – $Q=60$ Н

Выведены уравнения движения обрабатываемого кожевенного полуфабриката, подаваемого вертикально на опорной плите между валковой парой, и получены графические решения изменения радиуса рабочего вала в зависимости от угла захвата обрабатываемого кожевенного полуфабриката рабочей валковой парой (см. рис. 3 – 5).

Из полученных графиков видно, что при наличии вращающего момента валов можно в определенной мере увеличивать угол захвата валковых пар с учетом значения радиуса округления носовой части опорной плиты валковой машины.

Установлено, что в проведении технологической операции отжима влаги из мокрых кожевенных полуфабрикатов между валковой парой принудительное вращение валов будет способствовать более плавному проведению технологического процесса (см. рис. 5). В результате увеличатся сроки службы деталей и узлов, в том числе тяговых цепей машины с вертикальной подачей обрабатываемого материала, работающих под большой нагрузкой.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ершов С. В. Динамическое нагружение валковой пары для интенсификации процесса отжима: Дис. ... канд. техн. наук. Иваново, 2013. – 130 с.
- [2] Бахадиров Г. А., Набиев А. М., Мусиров М. У. Исследование влияния действующих сил в процессе обработки кожевенного полуфабриката между валковой парой // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент, 2018. № 3. С. 32 – 36.
- [3] Бахадиров Г. А. Исследование динамики валковой пары // Доклады АН РУз. 2002. № 4. С. 26 – 29.
- [4] Чигарев А. В., Чигарев Ю. В. Курс теоретической механики. Учеб. пособие. Минск: Новое знание; М.: ЦУПЛ, 2010. – 399 с.

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

Дата поступления
15.02.2019

Г.А. Бахадиров, А.М. Набиев, М.У. Мусиров, З.А. Рахимова. Валларнинг айлантурувчи моментининг қамраб олиш бурчагига таъсирини тадқиқ қилиш

Мақолада ясси материалга, жумладан тери хом-ашёсига механик ишлов беришнинг сифатига таъсир этувчи омиллар қўриб чиқилган. Ишчи валларнинг айлантурувчи моменти ҳисобга олинган ва ҳисобга олинмаган ҳолларида таянч плитасининг қамраб олинишининг ўзаро боғлиқлиги ўрганилган ва таҳлил қилинган.

G.A. Bahadirov, A.M. Nabiev, M.U. Musirov, Z.A. Rakhimova. Study of factors affecting the quality of machining sheet material

The article discusses external factors affecting the process of mechanical processing of sheet material, in particular, the tannery semi-finished product. The interrelation of the angle of capture of the feeding base plate by a roller pair with and without taking into account the torque of the working shafts is determined and analyzed.

УДК 677.21.021

Б.М. МАРДОНОВ, Х.С. УСМАНОВ, Ф.Н. СИРОЖИДДИНОВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ХЛОПКА-СЫРЦА ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВЕРТИКАЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ КОЛКОВЫХ БАРАБАНОВ

С реализацией экономических преобразований в республике особое внимание уделяется ориентации научной и научно-технической деятельности на получение практических результатов, направленных на решение конкретных задач развития отраслей экономики, а также удовлетворение потребностей внутреннего и внешнего рынков. Исходя из этих позиций, мы поставили задачу совершенствования процесса очистки хлопка-сырца от сорных примесей путем создания принципиально нового очистителя, который в работе минимизирует механическое воздействие на хлопок-сырец и максимально позволяет сохранить его природные качественные показатели.

На основе анализа проведенных научных и практических работ по совершенствованию процессов очистки хлопка-сырца от сорных примесей выявлено [1], что на базе исследований, проведенных в мире, получен ряд крупных научных результатов в этом направлении, в том числе разработаны современные системы автоматизации технологических процессов очистительного

оборудования (Lummus, США), создана эффективная технология очистки хлопка от крупных и мелких сорных примесей (Lummus, США, Cotton research and development corporation, Австралия). Результатами исследований, проводимых в Узбекистане, явились разработки новых машин по очистке хлопка от сорных примесей (Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, АО «Paxtasanoat ilmiy markazi», Республика Узбекистан). При разработке устройств и технологий для очистки хлопка-сырца по ряду приоритетных направлений проводятся исследования, в том числе по созданию регулируемой системы кратности очистки; повышению рентабельности предприятий за счет внедрения новых ресурсосберегающих очистителей; созданию гибкой автоматизированной системы очистки хлопка-сырца, эффективной технологии очистки хлопка-сырца от сорных примесей и рациональных конструкций рабочих органов-очистителей.

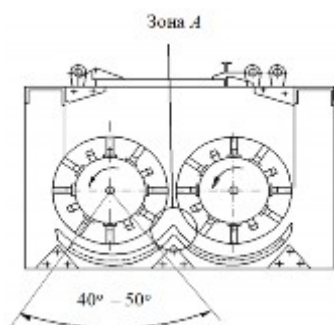


Рис. 1. Схема колковой секции очистки от мелкого сора агрегата УХК

С преимущественным переходом на машинную уборку хлопка-сырца особое внимание в технологии первичной обработки хлопка уделяется очистке указанного сырья. В этом направлении работы проводились в целом по двум направлениям: это совершенствование технологических процессов и создание новых конструкций машин и механизмов. В результате этих исследований в конце прошлого столетия был создан универсальный хлопковый комплекс (УХК). Наряду с преимуществами эксплуатируемых очистительных машин УХК очистительные секции работают неэффективно, так как рабочий угол контакта колкового барабана и сетчатой поверхности составляет $40 - 50^{\circ}$, а линейная скорость барабанов $V_1 = 9$ м/с (рис. 1).

Вследствие встречного вращения смежных барабанов в зоне А происходит значительное повреждение хлопка-сырца (особенно при переработке низких сортов) из-за резкого изменения направления движения хлопка-сырца в следующей секции очистки по ходу процесса. В очистителе хлопка-сырца от мелкого сора процесс его транспортировки осуществляется за счет однонаправленного движения колковых барабанов, где в зоне А между двумя смежными барабанами, которые движутся навстречу друг другу, частицы хлопка-сырца подвергаются значительным ударным воздействиям со стороны колковых смежных барабанов. При транспортировке линейная скорость колковых барабанов составляет $V_1 = 9$ м/с, при встречном движении частица хлопка-сырца подвергается ударному воздействию со скоростью $V_2 = 18$ м/с (добавляется скорость встречного смежного барабана). Вследствие этого происходит значительное повреждение волокна и семян. При эксплуатации агрегата УХК также существует ряд проблем, которые приведены в таблице.

Сравнительный анализ очистки хлопка-сырца на агрегате УХК

№	Преимущества агрегата УХК	Недостатки агрегата УХК
1	Высокая производительность	Высокая энергоёмкость агрегата – 98 кВт
2	Универсальность в режимах переработки сортов хлопка-сырца	Высокая металлоёмкость конструкции до 20 т в полной комплектации с очистителем 1ХК
3	Взаимозаменяемость узлов и деталей	Необходимость больших площадей очистительных цехов для агрегата
4	Надёжность и прочность конструкции	Частые забойные ситуации при переработке низких сортов
5	Простота эксплуатации	Проблемы при обслуживании и очистке агрегата (пожарах, забойных ситуациях)
6	Безопасность при обслуживании и эксплуатации	Негативное влияние на качество хлопка-сырца при переходе с барабана на барабан (горизонтальная очистка). Источник выделения в атмосферу волокнистых отходов

В продолжение ранее проведенных исследований [2] нами предлагается усовершенствованная схема вертикального очистителя хлопка-сырца от мелкого сора, которая позволяет устранить вышеуказанные недостатки путем последовательного движения колковых барабанов, где появляется возможность увеличения угла охвата сетчатой поверхности барабана. Предлагаемая схема изображена на рис. 2, где показан поперечный его разрез. Однонаправленная скорость вращения колковых барабанов позволяет устранить забойные ситуации в машине.

На данную компоновку конструкции очистителя мелкого сора подана заявка № FAP 20170134 от 27 ноября 2017 г. в Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан [3]. При этом угол обхвата колкового барабана сетчатой поверхностью составляет более 180° . Приведенная схема компоновки очистительных секций (рис. 2) и последовательной транспортировки хлопка-сырца по сопряженным секциям очистки позволяет значительно увеличить очистительный эффект, а также, сохраняя природные качественные показатели хлопка-сырца и его компонентов, предохранить от повреждений волокна и семена при транспортировании по барабанам, что является основой разработки технологии вертикальной очистки хлопка-сырца на хлопкозаводах. Особое значение приобретает установка секции очистки от крупного сора после секции очистки от мелкого сора, что позволяет по сравнению с агрегатом УХК уменьшить металлоемкость конструкции при полной комплектации с 20.0 до 8.8 т и энергоемкость снизить со значения 98 до 39 кВт.

Для моделирования процесса очистки потока хлопка – сырца, поступающего из зоны питателя, с постоянной производительностью Q_0 принимаем движение потока одномерным и считаем, что скорость его при подъеме вверх по дуге меняется скачкообразно в каждой секции колкового барабана. При движении потока вниз происходит контакт частиц хлопка-сырца с сетчатой поверхностью, в результате чего отделяются из состава потока частицы сорные примеси. Изучим отдельно движение потока в каждой секции барабана. Первая секция определяется значением угла α в интервале $\alpha_{0-i} < \alpha < 2\alpha_i$ (рис. 3, а). Считая среду сжимаемой, выделим из этой секции элемент из потока хлопка-сырца ds (рис. 1, б) и составим уравнение движения по формуле Эйлера. Движение потока считаем стационарным. Тогда уравнения Эйлера для этого элемента записываем в виде [1].

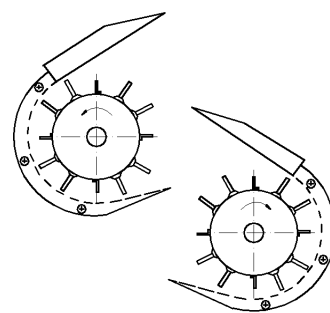


Рис. 2. Схема секции вертикального очистителя хлопка-сырца от мелкого сора

$$v\rho \frac{dv}{ds} = -\frac{dp}{ds} + \rho g \sin \alpha - Nf \quad . \quad N = \rho \frac{v^2}{R} - \rho g \cos \alpha \quad , \quad (1)$$

где s – длина дуги контакта хлопка-сырца с сеткой, отсчитываемой из точки A ; v – текущая скорость частиц хлопка-сырца; p , ρ – давление и плотность; R – радиус барабана; N – нормальная удельная сила; f – коэффициент трения между поверхностью сетки и хлопком – сырцом.

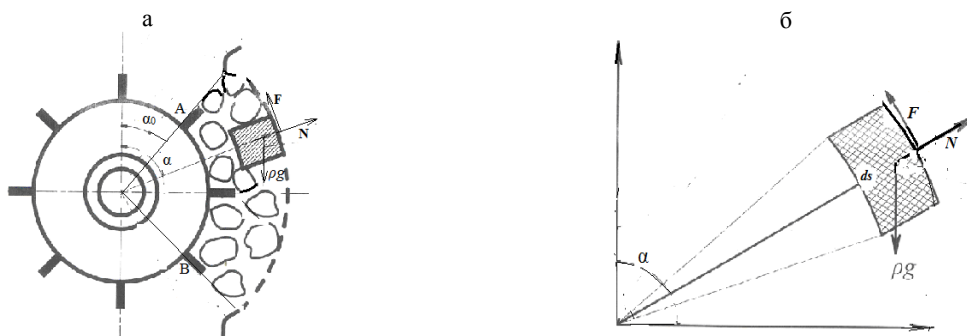


Рис. 3. Схема движения потока хлопка-сырца вдоль барабана при действии трех колков

После исключения силы N из (1) получим уравнение относительно давления $p(s)$ $\rho(s)$ и скорости $v(s)$:

$$v\rho \frac{dv}{ds} = -\frac{dp}{ds} + \rho g (\sin \alpha + f \cos \alpha) - \rho \frac{v^2}{R} f \quad . \quad (2)$$

Уравнение (2) содержит три неизвестных: p , ρ и v . Для замыкания его используем уравнение состояния сжимаемой среды, устанавливающее связь между давлением p и плотностью ρ ,

$$\rho = \rho_c [1 + A(p - p_c)] \quad (3)$$

и условие сохранения массы для стационарного движения потока

$$\rho v S_0 = Q_0. \quad (4)$$

Здесь $S_0 = k_0 L h$ – площадь поперечного сечения слоя потока; h – толщина слоя; L – длина барабана; k_0 – коэффициент, характеризующий уменьшение площади контакта сырья с поверхностями колков; Q_0 – производительность очистителя; $\rho_c p_c$ – плотность и давление при поступлении сырья на поверхности контакта его с колком; A – постоянная, характеризующая сжимаемость сырья. При $A \ll 1$ (4) определим скорость

$$v = v_c [1 - A(p - p_c)]. \quad (5)$$

При ударном воздействии колка на сырье при контакте частицы потока приобретают скорость $v_c = \beta v_k$, где v_k – линейная скорость колка; $\beta < 1$ – коэффициент снижения скорости, определяемый опытным путем. В работе [1] средняя скорость потока в зоне очистки принимается $v_{cp} = 0.5 v_k$. Полагая в формуле (5) $v = v_c$, находим плотность сырья на поверхности контакта с колком $\rho_c = Q_0 / (S_0 v_c)$.

Для определения давления p_c полагаем, что известны давление p_0 , плотность сырья ρ_0 в зоне подачи. Тогда полагая $p = p_0$ и $\rho = \rho_0$, из формулы (3) находим

$$p_c = p_0 - (\rho_0 / \rho_c - 1) / A. \quad (6)$$

Из требования отсутствия отрыва сырья от поверхности колка следует $\rho_c > 0$, что означает $\rho_0 / \rho_c < 1 + p_0 A$.

С другой стороны, должно выполняться условие разряжения сырья в зоне очистки $\rho_c < \rho_0$, которое дает $\rho_0 / \rho_c > 1$.

Таким образом, для реализации процесса разряжения сырья без нарушения контакта с колком необходимо, чтобы отношение плотностей ρ_0 / ρ_c удовлетворяло неравенству $1 < \rho_0 / \rho_c < 1 + p_0 A$.

Ограничим на величину давления p_0 (или скорости колка) из условия отсутствия повреждения семян при ударном взаимодействии колка с сырьем. Если обозначить через P_k предельную силу удара, при которой происходит повреждение семян, то, полагая в формуле (7) $p_c < P_k / S_0$, получаем

$$p_0 < P_k / S_0 + (\rho_0 / \rho_c - 1) / A.$$

Вводим новую переменную по формуле (6) $\alpha = s/R$ (α – центральный угол; R – радиус барабана). С учетом (4) и (6) записываем уравнение (2) относительно давления p :

$$a \frac{dp}{d\alpha} = R \rho g (\sin \alpha + f \cos \alpha) [1 + A(p - p_c)] - \overline{Q_0} f [1 - A(p - p_c)],$$

где $a = 1 - \overline{Q_0} v_c \cdot A$, $\overline{Q_0} = Q_0 / S_0$.

Последнее уравнение приведем к виду

$$\frac{dp}{d\alpha} = F_1(\alpha) p + F_2(\alpha), \quad (7)$$

где $F_1(\alpha) = \frac{A[R\rho_0 g F_0(\alpha) + \overline{Q_0} f v_0]}{a}$, $F_2(\alpha) = \frac{(1 - A p_c) F_0(\alpha) R \rho_0 g - \overline{Q_0} v_0 f (1 + p_c A)}{a}$,

$$F_0(\alpha) = \sin \alpha + f \cos \alpha.$$

Решение уравнения (7), удовлетворяющее условию $p(\alpha_0) = p_c$, представляется в квадратурах

$$p = F(\alpha) \left[\frac{p_c}{F(\alpha_0)} + \int_{\alpha_0}^{\alpha} \frac{F_2(\alpha)}{F(\alpha)} d\alpha \right], \quad (8)$$

где $F(\alpha) = \exp \left[\int F_1(\alpha) d\alpha \right]$.

Плотность и скорость потока вычисляются по формулам (5) и (6). Формулу (8) используем для определения давления p в каждой секции (рис. 4).

Контакт потока хлопка-сырца с сетчатой поверхностью происходит на участках $\alpha_{i-1} < \alpha < \alpha_i$ ($i=1, \dots, 6$). По этим данным построены графики давления и плотности в зоне очистки.

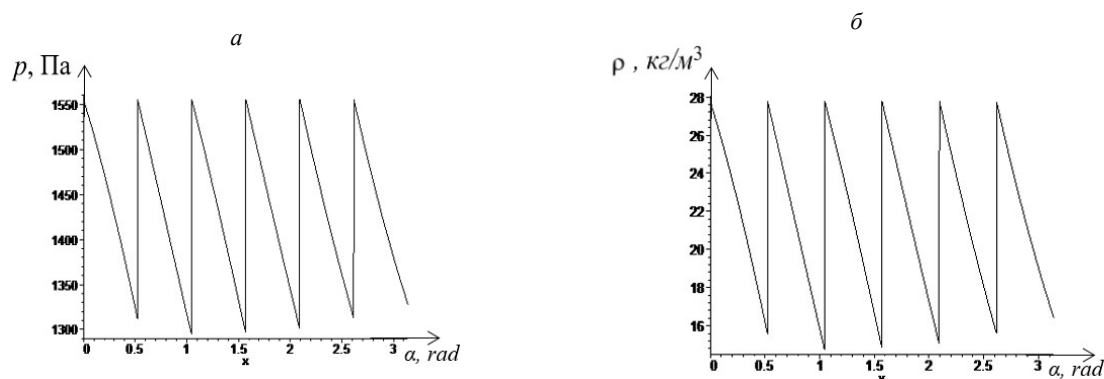


Рис. 4. Изменение давления (а) и плотности (б) вдоль дуги зоны очистки

Для расчета использованы следующие данные: $Q_0=3000/3600$; $A=0.001$; $v_0=2$; $p_0=2000$; $g=10$; $r_0=40$; $f_0=0.3$; $k=0.6$; $S_0=0.01008 \cdot 2k$; $\alpha_1=2\alpha_0$; $v_c=9$; $Q_{01}=Q_0/S_0$; $R=0.4$; $a=1-v_0Q_{01}A$.

Результаты проведенных исследований подтверждаются разработками индийских ученых Научно-исследовательского института технологии хлопка (CIRCOT) [4]. Созданный ими очиститель хлопка от сорных примесей барабанного типа даёт высокий очистительный эффект за счет оптимизации угла охвата колкового барабана сетчатой поверхностью.

Исходя из результатов анализа работ по совершенствованию процесса очистки хлопка-сырца от мелких сорных примесей и проведенных теоретических исследований в этом направлении, можно сделать следующие выводы:

1. Необходимо развивать теоретические и практические исследования по увеличению полезной площади сетчатой поверхности до 180°C и более путем создания оптимальной компоновки узлов очистки хлопка-сырца от мелкого сора.

2. С целью устранения опасных зон и переходов между колковыми барабанами следует разработать модель безударного движения хлопка-сырца при его очистке от мелкого сора за счет перехода к вертикальной схеме очистки хлопка от мелкого сора и компоновки модуля очистки крупного сора.

3. Выявлено, что давление скорости после удара колком меняется скачкообразно, при этом после удара уменьшается плотность, т.е. происходит разрыхление, а скорость частицы хлопка-сырца увеличивается. Такая закономерность позволяет установить скорость колкового барабана, при которой можно выбрать необходимую степень разрыхления, когда эффективно выделяются сорные примеси.

4. Разработанная схема вертикального очистителя хлопка-сырца от мелкого сора позволяет снизить металлоемкость конструкции, энергоемкость агрегата, при этом обеспечивается высокая надежность в работе, а также возможность максимального сохранения природных качественных показателей перерабатываемого хлопка-сырца.

5. Данная разработка является победителем «Национального конкурса инновационных идей» 2018 г., организованного центром «Стратегического развития», Министерством инновационного развития Республики Узбекистан, Представительством ООН в Узбекистане в рамках Международной недели «INNOWEEK» в Ташкенте.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хакимов Ш.Ш. Создание эффективной технологии очистки хлопка-сырца от сорных примесей и рациональной конструкции рабочих органов очистителей: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Ташкент, 2017. – 42 с.
- [2] Лугачев А.Е. Разработка теоретических основ питания и очистки хлопка применительно к поточной технологии его переработки: Дис. ... докт. техн. наук. Ташкент, 1998. – 111 с.

- [3] Усманов Х.С., Лугачев А.Е., Гуляев Р.А. Хлопкоочистительный агрегат. Регистрационный номер заявки FAP 20170134 от 27 ноября 2017 г. Агентство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан.
- [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.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Дата поступления
08.02.2019

Б.М. Мардонов, Х.С. Усманов, Ф.Н. Сирожиддинов. Вертикал жойлашган қозиқли барабанлар таъсирида пахта хом ашёсини тозалаш жараёнини моделилаштириш

Мақолада чигитли пахтани ифлосликлардан тозалаш инновацион технологияси кўриб чиқилган. Чигитли пахтадан майда ифлосликларни самарали ажратиш олиш жараёнини ифода этувчи қонуниятларни аниқлаш бўйича ўтказилган назарий изланишлар натижалари келтирилган. Олинган қонуниятлар ифлосликларни самарали ажратиш учун керак бўлган чигитли пахтанинг титилганлик даражасини таъминловчи қозиқчали барабан тезлиги ва уни турли юза билан қопловчи бурчакни аниқлаш имконияти беради. Амалий тадқиқотлар натижасида чигитли пахтани ифлосликлардан тозаловчи тозалагичнинг инновацион варианты ишлаб чиқилган.

B.M. Mardonov, H.S. Usmanov, F.N. Syroziddinov. Simulation of the process of cleaning raw cotton under the action of vertically arranged center drums

The innovative technology of raw cotton cleaning is discussed in the article. The results of theoretical studies to determine the laws describing the process of efficient extraction of small weed impurities from raw cotton are given. The regularity makes to establish the speed of a spiky drum and the angle of its girth by a mesh surface when the necessary degree of loosening of raw cotton is ensured at which impurities are effectively emitted. As a result of practical research an innovative version of weed impurity cleaner was developed.

УДК 621.01

Д.М. МУХАММАДИЕВ, Т.М. КУЛИЕВ, Б.Х. ПРИМОВ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПИЛЬНОГО ДЖИНА С ШЕЛУШИЛЬНОЙ КАМЕРОЙ

Волокноотделительные машины выпускают машиностроительные заводы Узбекистана и США, а также Индии, Китая по американским патентам [1 – 5]. Установлено, что отечественные пыльные джины более эффективны, дешевле при изготовлении и оснащены простыми конструктивными агрегатами и механизмами.

В отечественной хлопкоочистительной промышленности широко распространены пыльные диски Ø320мм. Поэтому разработка пыльного джина с набрасывающим барабаном на пыльных дисках с диаметром Ø320 мм является актуальной проблемой в данной области.

На рис. 1 изображен пыльный джин с набрасывающим барабаном [6]. Для снижения износа колосников 3, пыльных дисков (Ø320мм) и расхода электроэнергии пыльным цилиндром 10 хлопков-сырец подается непосредственно к пыльному цилиндру 10 через склиз 6 с помощью вращающегося набрасывающего барабана 7, под которым установлена колосниковая решетка 8.

Для оценки эффективности предлагаемого пыльного джина с набрасывающим барабаном и с двухбарабанным колковым питателем (рис. 1, 2) проведены экспериментальные исследования с применением полного факторного эксперимента типа 2^3 . За входные параметры приняты: производительность джина ($X_1=430, 645$ кг/ч), расстояния от вершины колосника 9 до горизонтальной оси пыльного цилиндра 10 ($X_2=58; 78$ мм) и положения гребенки ($X_3=35^\circ; 50^\circ$), так как эти параметры влияют на энергопотребление пыльного джина, плотность сырцового валика и на уход семян в отходы через шелушильную камеру.

Выбор этих параметров достаточен для оценки рассматриваемых систем. За выходные параметры приняты следующие:

- y_1 – потребляемая мощность электродвигателя пыльного цилиндра, кВт;
- y_2 – плотность сырцового валика, кг/м³;
- y_3 – уход семян в отходы, %.

Опыты проведены на хлопке разновидности С 6524 I-го сорта 2-го класса, 8.19 % влажности и 3.68 % засоренности по схеме: двухбарабанный колковый питатель → рабочая камера 30-пильного джина с набрасывающим барабаном.

Изучим потребляемую мощность электродвигателя пильного джина с набрасывающим барабаном (функция отклика y) в зависимости от производительности джина, кг/ч (z_1), расстояния от вершины колосника до горизонтальной оси пильного цилиндра, мм (z_2) и положения гребенки, град (z_3) с использованием методики, предложенной в [7].

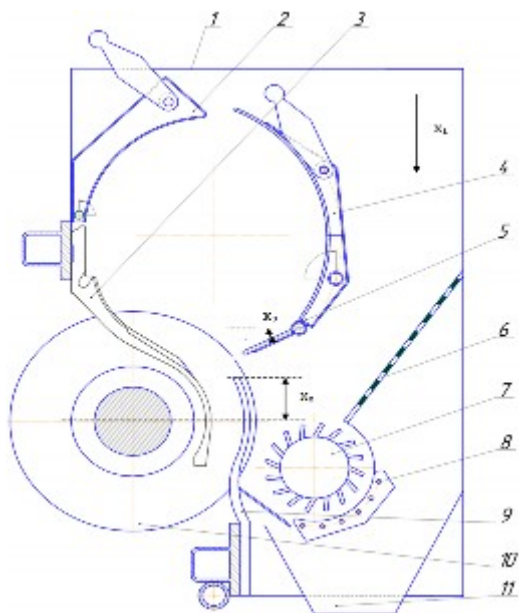


Рис. 1. Схема рабочей камеры пильного джина с набрасывающим барабаном: 1 – боковина; 2 – лобовой брус; 3 – колосники рабочей камеры; 4 – фартук верхний; 5 – фартук нижний с гребенкой; 6 – склиз; 7 – набрасывающий барабан; 8 – колосниковая решетка шелушильной камеры; 9 – колосники шелушильной камеры; 10 – пильный цилиндр; 11 – сороотвод

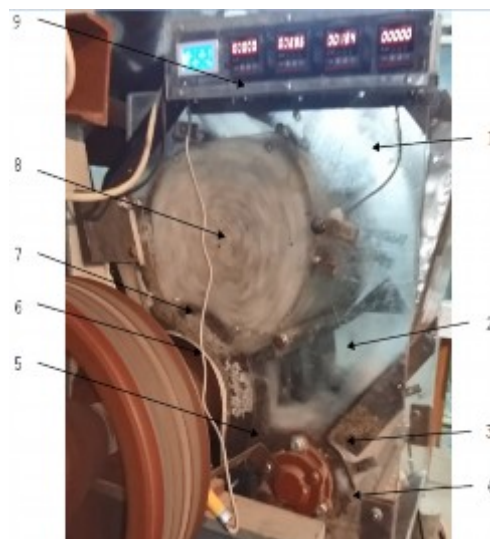


Рис. 2. Рабочая камера пильного джина с шелушильной камерой: 1 – горловина; 2 – шелушильная камера; 3 – набрасывающий барабан; 4 – колосниковая решетка шелушильной камеры; 5 – колосники шелушильной камеры; 6 – пильный цилиндр; 7 – колосники рабочей камеры; 8 – рабочая камера (сырцовый валик); 9 – панель датчиков

Составим матрицу планирования ПФЭ 2^3 (табл. 1):

$$z_1^0 = \frac{430 + 645}{2} = 537.5, \quad z_2^0 = \frac{58 + 78}{2} = 68, \quad z_3^0 = \frac{35 + 50}{2} = 42.5,$$

$$\Delta z_1 = \frac{645 - 430}{2} = 107.5, \quad \Delta z_2 = \frac{78 - 58}{2} = 10, \quad \Delta z_3 = \frac{50 - 35}{2} = 7.5$$

Таблица 1

Полный факторный эксперимент для трех факторов с фиктивной переменной

Номер опыта	Факторы в натуральном масштабе			Факторы в безразмерной системе координат				Выходной параметр
	z_1	z_2	z_3	x_0	x_1	x_2	x_3	
1	430	58	35	+1	-1	-1	-1	3.985
2	645	58	35	+1	+1	-1	-1	4.250
3	430	78	35	+1	-1	+1	-1	3.908
4	645	78	35	+1	+1	+1	-1	4.181
5	430	58	50	+1	-1	-1	+1	4.000
6	645	58	50	+1	+1	-1	+1	4.371
7	430	78	50	+1	-1	+1	+1	3.886
8	645	78	50	+1	+1	+1	+1	4.277

Проверка показала, что экспериментальные данные являются нормально распределенными и однородными.

Рассчитаем линейные коэффициенты регрессии по следующим формулам:

$$b_0 = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 y_i = \frac{1}{8} (3.985 + 4.25 + 3.908 + 4.181 + 4.0 + 4.371 + 3.886 + 4.277) = 4.107;$$

$$b_1 = \frac{1}{8} (-1 \cdot 3.985 + 1 \cdot 4.25 - 1 \cdot 3.908 + 1 \cdot 4.181 - 1 \cdot 4.0 + 1 \cdot 4.371 - 1 \cdot 3.886 + 1 \cdot 4.277) = 0.162;$$

$$b_2 = \frac{1}{8} (-1 \cdot 3.985 - 1 \cdot 4.25 + 1 \cdot 3.908 + 1 \cdot 4.181 - 1 \cdot 4.0 - 1 \cdot 4.371 + 1 \cdot 3.886 + 1 \cdot 4.277) = 0.044;$$

$$b_3 = \frac{1}{8} (-1 \cdot 3.985 - 1 \cdot 4.25 - 1 \cdot 3.908 - 1 \cdot 4.181 + 1 \cdot 4.0 + 1 \cdot 4.371 + 1 \cdot 3.886 + 1 \cdot 4.277) = 0.0262.$$

Рассчитаем коэффициенты парного взаимодействия, составив для этого дополнительную таблицу (табл. 2):

$$b_{12} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 x_1 x_2 y_i = \frac{1}{8} (3.985 - 4.25 - 3.908 + 4.181 + 4.0 - 4.371 - 3.886 + 4.277) = 0.00356;$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 x_1 x_3 y_i = \frac{1}{8} (3.985 - 4.25 + 3.908 - 4.181 - 4.0 + 4.371 - 3.886 + 4.277) = 0.02815;$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 x_2 x_3 y_i = \frac{1}{8} (3.985 + 4.25 - 3.908 - 4.181 - 4.0 - 4.371 + 3.886 + 4.277) = -0.00775;$$

$$b_{123} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 x_1 x_2 x_3 y_i = \frac{1}{8} (3.985 + 4.25 + 3.908 - 4.181 + 4.0 - 4.371 - 3.886 + 4.277) = 0.00147.$$

Таблица 2

Расширенная матрица планирования полного факторного эксперимента ПФЭ 2³

Номер опыта	x_0	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$	y_1
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	3.985
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	4.250
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	3.908
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	4.181
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	4.000
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	4.371
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	3.886
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	4.277

Подставляя коэффициенты, получим уравнение регрессии потребляемой мощности в зависимости от входных параметров:

$$y_1 = 4.107 + 0.162 \cdot x_1 - 0.044 \cdot x_2 + 0.0262 \cdot x_3 + 0.00356 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0.02815 x_1 x_3 - 0.00775 \cdot x_2 x_3 + 0.00147 \cdot x_1 x_2 x_3. \quad (1)$$

Анализ уравнения регрессии. Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии (1), проведенная по критерию Стьюдента с использованием параллельных опытов, показала значимость всех коэффициентов полученного уравнения.

Проверим однородность ряда скорректированных дисперсий (табл. 3):

$$G = \frac{S_{j\max}^2}{\sum_{j=1}^N S_j^2} = \frac{0.005}{0.0229} = 0.218 < G_{0.05;8;2} = 0.5157,$$

т.е. ряд однороден. Тогда

$$S_e^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_j^2 = \frac{0.0229}{8} = 0.0028; \quad k_e = 8(3-1) = 16.$$

Таблица 3

Результаты обработки данных эксперимента

Номер опыта	f_N	Эмпирическая дисперсия		$\bar{y}$	$\hat{y}$	$\bar{y} - \hat{y}$	$(\bar{y} - \hat{y})^2$
		S_n^2	S_n				
1	3	0.001	0.0316	3.985	3.9851	0.00048	$2.34 \cdot 10^{-7}$
2	3	0.005	0.0707	4.250	4.2489	0.00114	$1.31 \cdot 10^{-6}$
3	2	0.0009	0.03	3.908	3.9089	-0.00057	$3.25 \cdot 10^{-7}$
4	3	0.002	0.0447	4.181	4.1811	0.00006	$3.36 \cdot 10^{-9}$
5	2	0.002	0.0447	4.000	3.9999	0.00023	$5.29 \cdot 10^{-8}$
6	3	0.004	0.0632	4.371	4.3701	0.00120	$1.45 \cdot 10^{-6}$
7	3	0.003	0.0547	3.886	3.8861	-0.00013	$1.56 \cdot 10^{-8}$
8	2	0.005	0.0707	4.277	4.2759	0.00139	$1.93 \cdot 10^{-6}$
Сумма	21	0.0229	0.4105	32.860	32.856	0.00382	$5.32 \cdot 10^{-6}$

Для определения адекватности модели (1) необходимо определить дисперсию адекватности

$$S_{ao}^2 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N S_j^2 = \frac{0.0009}{8} = 0.0002; \quad k_{ao} = 8 - 4 = 4.$$

Значения критерия Фишера показывают, что модель адекватная:

$$F = \frac{S_{ao}^2}{S_e^2} = \frac{0.0002}{0.0028} = 0.078 < F_{0.05;4;16} = 3.01.$$

Для определения значимости коэффициентов найдем среднее квадратичное отклонение S_{bi} :

$$S_{bi} = \sqrt{\frac{S_e^2}{nN}} = \sqrt{\frac{0.0028}{3 \cdot 8}} = 0.011, i=0, 1, 2, 3.$$

Тогда

$$t_0 = \frac{|b_0|}{S_{b0}} = 376.1 > t_{0.025;16} = 2.12, \quad t_1 = \frac{|b_1|}{S_{b1}} = 14.89 > t_{0.025;16} = 2.12,$$

$$t_2 = \frac{|b_2|}{S_{b2}} = 4.05 > t_{0.025;16} = 2.12, \quad t_3 = \frac{|b_3|}{S_{b3}} = 2.4 > t_{0.025;16} = 2.12, \quad t_{13} = \frac{|b_{13}|}{S_{b13}} = 2.58 > t_{0.025;16} = 2.12.$$

Критическое значение $t_{\alpha/2;k}$ будет $t_{0.025;16} = 2.12$, т.е. кроме t_{12} , t_{23} , t_{123} , все коэффициенты модели значимы. После учета дисперсии, адекватности, критерия Стьюдента уравнение регрессии потребляемой мощности в зависимости от факторов x_1, x_2, x_3 имеет следующий вид:

$$y_1 = 4.107 + 0.162 \cdot x_1 - 0.044 \cdot x_2 + 0.026 \cdot x_3 + 0.028 \cdot x_1 \cdot x_3. \quad (2)$$

В такой же последовательности производим постройку уравнений регрессии факторов x_1, x_2, x_3 на плотность сырцового валика при дженировании (табл. 4). На рис. 3 приведена зависимость потребляемой мощности электродвигателя от вершины колосника, а на рис. 4 – изменение плотности сырцового валика в зависимости от вершины колосника.

Таблица 4

Полный факторный эксперимент для трех факторов с фиктивной переменной

Номер опыта	Факторы в натуральном масштабе			Факторы в безразмерной системе координат				Выходной параметр
	z_1	z_2	z_3	x_0	x_1	x_2	x_3	
1	430	58	35	+1	-1	-1	-1	264.8
2	645	58	35	+1	+1	-1	-1	304.7
3	430	78	35	+1	-1	+1	-1	265.0
4	645	78	35	+1	+1	+1	-1	284.9
5	430	58	50	+1	-1	-1	+1	295.8
6	645	58	50	+1	+1	-1	+1	318.3
7	1.1	78	50	+1	-1	+1	+1	268.1
8	2.5	78	50	+1	+1	+1	+1	307.0

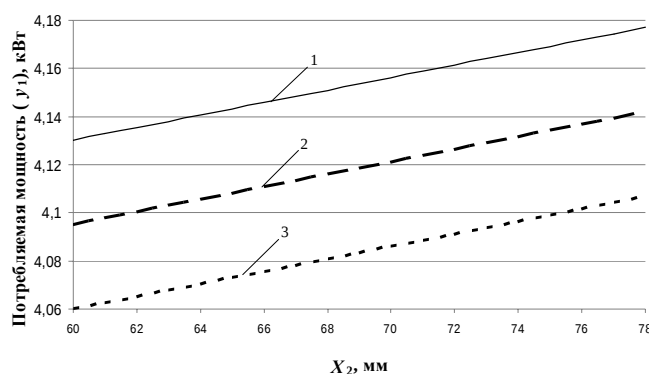


Рис. 3. Изменения потребляемой мощности электродвигателя в зависимости от вершины колосника до горизонтальной оси пильного цилиндра (X_2) при различных положениях гребенки (X_3) для производительности джина ($X_1=537.5$ кг/ч):
1 – $X_3=35^\circ$; 2 – $X_3=41^\circ$; 3 – $X_3=47^\circ$

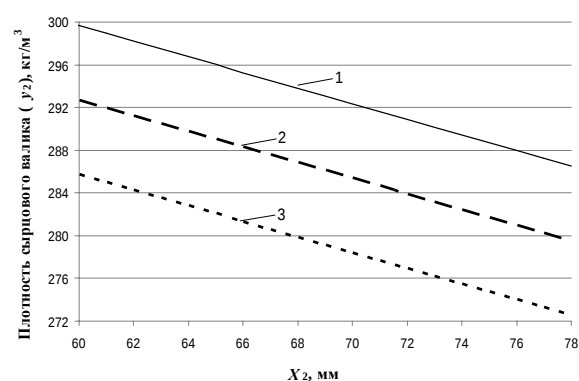


Рис. 4. Изменения плотности сырцового валика (y_2) в зависимости от вершины колосника до горизонтальной оси пильного цилиндра (X_2) при различных положениях гребенки (X_3) для производительности джина ($X_1=537.5$ кг/ч): 1 – $X_3=35^\circ$; 2 – $X_3=41^\circ$; 3 – $X_3=47^\circ$

Уравнение регрессии плотности сырцового валика при дженировании

$$y_2 = 288.575 + 15.15 \cdot x_1 - 7.325 \cdot x_2 + 8.725 \cdot x_3. \quad (3)$$

Определяем значимость коэффициентов уравнений регрессии (3):

$$t_0 = \frac{|b_0|}{S_{b_0}} = 111.433 > t_{0.025;16} = 2.12, \quad t_1 = \frac{|b_1|}{S_{b_1}} = 5.85 > t_{0.025;16} = 2.12,$$

$$t_2 = \frac{|b_2|}{S_{b_2}} = 2.829 > t_{0.025;16} = 2.12, \quad t_3 = \frac{|b_3|}{S_{b_3}} = 3.369 > t_{0.025;16} = 2.12.$$

Статистическая значимость коэффициентов регрессии b_0 , b_1 , b_2 , b_3 подтверждается с надежностью 95 %.

Как и в предыдущих последовательностях, произведем постройку уравнений регрессии факторов x_1 , x_2 , x_3 на уход семян в отходы при дженировании.

Таблица 5

Полный факторный эксперимент для трех факторов с фиктивной переменной

Номер опыта	Факторы в натуральном масштабе			Факторы в безразмерной системе координат				Выходной параметр
	z_1	z_2	z_3	x_0	x_1	x_2	x_3	
1	430	58	35	+1	-1	-1	-1	0.220
2	645	58	35	+1	+1	-1	-1	0.079
3	430	78	35	+1	-1	+1	-1	0.887
4	645	78	35	+1	+1	+1	-1	0.410
5	430	58	50	+1	-1	-1	+1	0.156
6	645	58	50	+1	+1	-1	+1	0.061
7	1.1	78	50	+1	-1	+1	+1	0.556
8	2.5	78	50	+1	+1	+1	+1	0.120

Уравнение регрессии ухода семян в отходы при дженировании (табл. 5, рис. 5) имеет следующий вид:

$$y_3 = 0.311 - 0.1436 \cdot x_1 + 0.18213 \cdot x_2 - 0.0879 \cdot x_3 - 0.0846 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0.01088 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0.0674 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (4)$$

Определим значимость коэффициентов уравнений регрессии (4):

$$t_0 = \frac{|b_0|}{S_{b_0}} = 77.43 > t_{0.025;16} = 2.12, \quad t_1 = \frac{|b_1|}{S_{b_1}} = 35.74 > t_{0.025;16} = 2.12,$$

$$t_2 = \frac{|b_2|}{S_{b_2}} = 45.32 > t_{0.025;16} = 2.12,$$

$$t_{12} = \frac{|b_{12}|}{S_{b_{12}}} = 21.06 > t_{0.025;16} = 2.12,$$

$$t_{23} = \frac{|b_{23}|}{S_{b_{23}}} = 16.76 > t_{0.025;16} = 2.12,$$

$$t_3 = \frac{|b_3|}{S_{b_3}} = 21.06 > t_{0.025;16} = 2.12,$$

$$t_{13} = \frac{|b_{13}|}{S_{b_{13}}} = 2.71 > t_{0.025;16} = 2.12,$$

$$t_{123} = \frac{|b_{123}|}{S_{b_{123}}} = 0.15 < t_{0.025;16} = 2.12.$$

При критическом значении $t_{0.025;16}=2.12$, кроме t_{123} , все коэффициенты модели значимы.

Статистическая значимость коэффициентов регрессии $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}$ подтверждается с надежностью 95 %.

Обобщенным показателем эффективности функционирования рассматриваемой машины являются затраты на электроэнергию, т.е. обеспечение наименьшей потребляемой мощности при ограничениях массы сырьевого валика.

Приведем математическую формализацию задачи оптимизации потребляемой мощности электродвигателя пильного цилиндра (табл. 6).

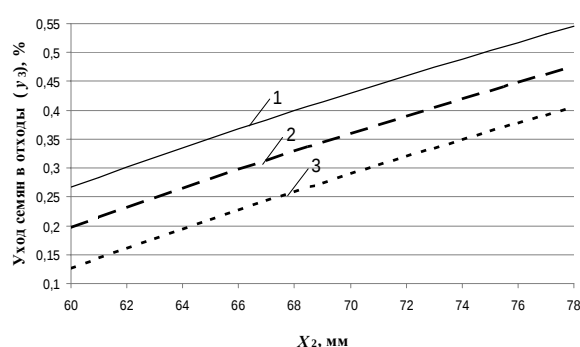


Рис. 5. Изменение ухода семян в отходы (y_3) в зависимости от вершины колосника до горизонтальной оси пильного цилиндра (X_2) при различных положениях гребенки (X_3) для производительности джина ($X_1=537.5$ кг/ч): 1 – $X_3=35^\circ$; 2 – $X_3=41^\circ$; 3 – $X_3=47^\circ$

Таблица 6

Параметры оптимизации

Производительность джина, кг/ч	Входные параметры		Выходные параметры системы		
	расстояние от вершины колосника до горизонтальной оси пильного цилиндра, мм	положения гребенки, °	потребляемая мощность пильного цилиндра, кВт	Плотность сырьевого валика, кг/м ³	уход семян в отходы, %
Ограничения параметров					
$x_1=430; 645$	$x_2=58; 78$	$x_3=35; 50$	$y_1 \leq 4.1$	$y_2 \leq 300$	$y_3 \leq 0.4$
Оптимальные значения					
$x_1=537.5$	$x_2=68$	$x_3=42.5$	$y_1=4.107$	$y_2=288.575$	$y_3=0.311$

Оптимизацию регрессионных уравнений провели по общепринятой программе «поиска решения оптимизируемой модели по методу Ньютона». В результате реализации оптимизации нами получены производительность пильного джина по хлопку $x_1=537.5$ кг/ч, расстояние от вершины колосника до горизонтальной оси пильного цилиндра $x_2=68$ мм и положения гребенки $x_3=42.5^\circ$, при которых потребляемая мощность пильного цилиндра $y_1=4.107$ кВт, плотность сырьевого валика $y_2=288.575$ кг/м³ и уход семян в отходы $y_3=0.311\%$.

Выводы. В результате использования полного факторного планирования эксперимента построены уравнения регрессий (2 – 4) в зависимости от входных параметров: x_1 – производительности джина; x_2 – расстояния от вершины колосника до горизонтальной оси пильного цилиндра; x_3 – положения гребенки.

Таким образом, согласно оптимизации регрессионных уравнений (2 – 4) по общепринятой программе по методу Ньютона, производительность пильного джина по хлопку $x_1=537.5$ кг/ч, расстояние от вершины колосника до горизонтальной оси пильного цилиндра $x_2=68$ мм, положение гребенки $x_3=42.5^\circ$, потребляемая мощность пильного цилиндра $y_1=4.107$ кВт, плотность сырьевого валика $y_2=288.575$ кг/м³ и уход семян в отходы $y_3=0.311\%$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Механический завод «RUSART». <http://www.rusart.uz>.
- [2] Continental Eagle Corporation. <http://www.continentaleagle.com>.
- [3] Lummus Corporation. <http://www.Lummus.com>.
- [4] Nipha exports private limited. <http://www.niphaindia.com/sawgin-feeder.php>.
- [5] Шандунская акционерная компания с ограниченной ответственностью «ЛИБЕДЬ». <http://www.sdmj.com.cn>.
- [6] Мухаммадиев Д.М. Рабочая камера пыльного джина. Патент РУз IAP 04761 (от 31.10.2013г.).
- [7] Митков А.Л., Кардашевский С.В. Статистические методы в сельхозмашиностроении. М.: Машиностроение, 1978. С. 221 – 223.

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

Дата поступления
26.03.2019

Д.М. Мухаммадиев, Т.М.Кулиев, Б.Х. Примов. Тозалаш камерали аррали жин электродвигателини қувват сарфини тажрибавий тадқиқи

Мақолада тозалаш камерали аррали жин электродвигателини қувват сарфининг аррали жин иш унумдорлигига, аррали цилиндр горизонталь ўқидан колосник бош қисмигача бўлган масофага ва тароқ ҳолатига боғлиқлигини тажрибавий тадқиқот натижалари келтирилган. Натижада аррали цилиндрнинг қувват сарфи, хом ашё валиги зичлиги ва чигитниг чиқиндига чиқиши энг кам бўлган тозалаш камерали аррали жиннинг муқобил параметрлари аниқланган.

D.M. Mukhammadiev, T.M.Kuliev, B.Kh. Primov. Experimental study of the consumed power of saw gin electric motor with huller roller box

The article presents the results of an experimental study of the power consumption of a saw gin with huller roller box, depending on the performance of the saw gin, the distance from the top of the grate to the horizontal axis of the saw cylinder and the position of the comb. As a result, the rational parameters of a saw gin with huller roller box have been established, at which the minimum power consumption of the saw cylinder, the density of the raw roller and the leaving of seeds to waste are achieved.

УЎК 629.017

М. ТОШБОЛТАЕВ, Б. ХОЛИҚОВ

ТРАКТОР ПОЕЗДИ ЕНГИБ ЎТАДИГАН ЭНГ КАТТА ҚИЯЛИК БУРЧАГИНИ АНИҚЛАШ

Мавжуд [1–3] адабиётларда қишлоқ хўжалиги юқларини ташишнинг асосий воситаси – транспорт трактори ва тиркамадан ташкил топган трактор поездининг ўтувчанлиги етарлича ўрганилмаган.

Трактор поездининг ўтувчанлиги унинг қишлоқлар ҳудудидаги турли йўл шароитларида (қаттиқ ёмғир, қор босган, лой йўллар) ва қопламали (қаттиқ грунт, шағал ётқизилган, асфальтланган, бетонланган) таянч текисликларида ҳаракатлана олиш қобилияти ҳамда табиий тўсиқларни (кўтарилишлар, нишобликлар, ёнланмалар) ёрдамчи воситаларсиз енгиб ўтиш қобилияти билан баҳоланади.

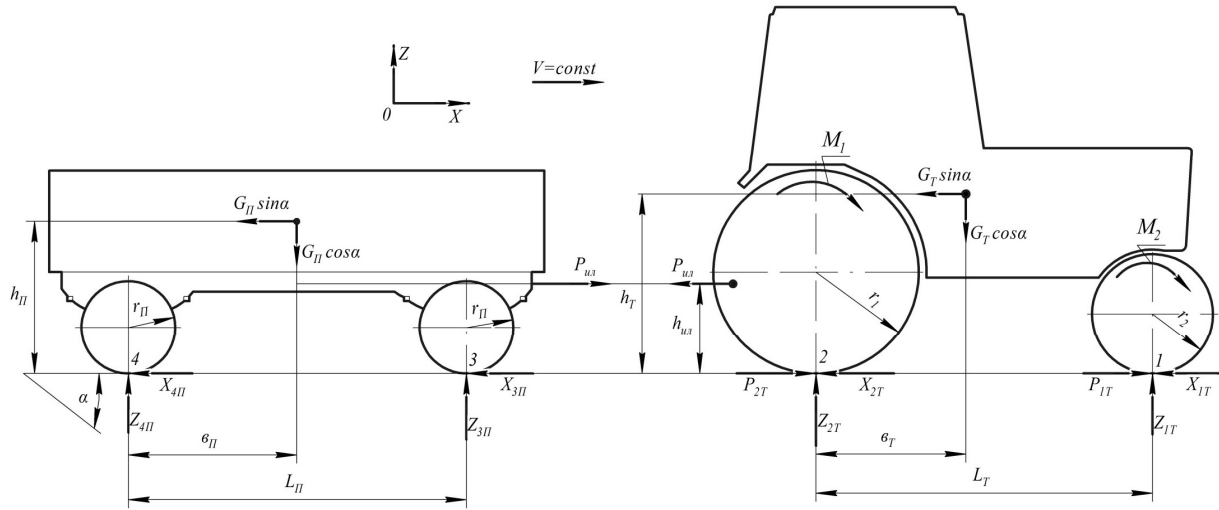
Енгиб ўтиладиган кўтарилишнинг энг катта бурчаги тракторнинг тортиш имкониятлари, етакчи ғилдиракларнинг илашиши, олдинги ғилдиракларнинг ердан узилиши (бўйлама барқарорликни йўқолиши) бўйича чегараланади.

Енгиладиган энг катта кўтарилиш бурчагининг двигател бўйича чегараланиши ғилдираклардаги тўла тортиш кучини поездни кўтарилишга қаршилик кучини ва ғилдиракларни думалашига қаршилик қилувчи кучни енгилшга етмаслиги билан изоҳланади.

Етакчи ғилдиракларнинг илашиши бўйича максимал кўтарилишни тадқиқ этишда куйидаги жоизликларни қабул қиламиз (расм):

- 1) тиркамадаги тўртта ғилдиракнинг радиуслари бир хил (r_{II} га тенг);
- 2) таянч текислиги қаттиқ қопламага эга, ғилдираклардаги шиналар ҳаракат пайтида деформацияланмайди (трактор ва тиркама ўқларидаги ғилдираклар йўл билан 1, 2, 3 ва 4 нукталарда контактлашади; ғилдиракларнинг думалашига қаршилик коэффициенти ўзгармас – $f=const$);
- 3) поезд қия текисликда барқарор тезлик билан ҳаракатланади ($V=const$; $dV/dt=0$);

- 4) ҳавонинг поездга кўрсатадиган қаршилик кучи ҳисобга олинмайди (қия текисликда $V \leq 15$ км/соат бўлгани учун ҳавонинг қаршилиги жуда кичик [2]);
- 5) трактор илмоғига таъсир этувчи вертикал куч нолга тенг.



Трактор поездининг ўтувчанлигини аниқлаш схемаси

Расмдаги схемага мувофиқ α қияликдаги таянч текислигида M_1 ва M_2 буровчи моментлар таъсирида ҳаракатланаётган G_T оғирликдаги тракторга таъсир этувчи куч ва моментларнинг учта мувозанат тенгламасини ёзамиз:

$$\begin{aligned} \sum X &= 0; P_{2T} + P_{1T} - X_{2T} - X_{1T} - G_T \sin \alpha - P_{ул} = 0; \\ \sum Z &= 0; Z_{2T} + Z_{1T} - G_T \cos \alpha = 0; \\ \sum M_1 &= 0; Z_{2T} L_T - G_T (L_T - \epsilon_T) \cos \alpha - G_T h_T \sin \alpha - P_{ул} h_{ул} = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

бунда P_{1T} , P_{2T} ва X_{1T} , X_{2T} – ғилдирақларни ҳаракатлантирувчи ва ҳаракатга қаршилик қилувчи кучлар; $P_{ул}$ – трактор илмоғига ҳосил бўлувчи куч; L_T – тракторнинг бўйлама базаси; ϵ_T , h_T , $h_{ул}$ – мос равишда $G_T \cos \alpha$, $G_T \sin \alpha$ ва $P_{ул}$ кучларнинг координаталари.

$P_T = P_{1T} + P_{2T}$ – тракторнинг умумий тортиш кучи, $R_{XT} = X_{1T} + X_{2T} = (Z_{1T} + Z_{2T})f = G_T f \cos \alpha$ – трактор ғилдирақларининг думалашига қаршилик кўрсатувчи йиғинди куч бўлгани учун (1) бундай ёзилади:

$$\begin{aligned} P_T - G_T f \cos \alpha - G_T \sin \alpha - P_{ул} &= 0; \\ Z_{1T} + Z_{2T} - G_T \cos \alpha &= 0; \\ Z_{2T} L_T - G_T (L_T - \epsilon_T) \cos \alpha - G_T h_T \sin \alpha - P_{ул} h_{ул} &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Тракторнинг умумий тортиш кучини (2) системанинг биринчи тенгламасидан топамиз:

$$P_T = G_T f \cos \alpha + G_T \sin \alpha + P_{ул}. \quad (3)$$

Учинчисидан:

$$Z_{2T} = G_T \frac{L_T - \epsilon_T}{L_T} \cos \alpha + G_T \frac{h_T}{L_T} \sin \alpha + P_{ул} \frac{h_{ул}}{L_T}. \quad (4)$$

Трактор етакчи ғилдирақларининг илашиш бўйича ҳаракатланиш шarti [2]:

$$P_T \leq Z_{2T} \mu_x. \quad (5)$$

бунда μ_x – ғилдирақларнинг таянч текислиги билан илашиш коэффициенти.

$P_{ул}$ куч таъсирида ҳаракатланадиган G_P оғирликдаги тиркамага таъсир этувчи кучларнинг X ва Z ўқларига нисбатан мувозанат тенгламалари:

$$P_{ул} - G_P \sin \alpha - X_{3P} - X_{4P} = 0; Z_{3P} + Z_{4P} - G_P \cos \alpha = 0$$

ёки

$$P_{ул} = G_P \sin \alpha + (X_{3P} + X_{4P}); \quad (6)$$

$$Z_{3\Pi} + Z_{4\Pi} = G_{\Pi} \cos \alpha, \quad (7)$$

бунда $Z_{3\Pi}$, $Z_{4\Pi}$ – таянч текислигининг тиркама ғилдиракларига қўйилган вертикал реакция кучлари; $X_{3\Pi}=Z_{3\Pi}f$, $Z_{4\Pi}=Z_{4\Pi}f$ – ғилдиракларнинг думалашига қаршилик кўрсатувчи кучлар.

$X_{3\Pi}=Z_{3\Pi}f$, $Z_{4\Pi}=Z_{4\Pi}f$ қийматларни (6) га қўйсак,

$$P_{ул} = G_{\Pi} \sin \alpha + (Z_{3\Pi} + Z_{4\Pi}) f.$$

(7) ни эътиборга олсак,

$$P_{ул} = G_{\Pi} \sin \alpha + G_{\Pi} f \cos \alpha. \quad (8)$$

$P_{ул}$ кучнинг (8) ифодасини (3) ва (4) тенгламаларга қўямиз:

$$P_T = G_T f \cos \alpha + G_T \sin \alpha + G_{\Pi} f \cos \alpha + G_{\Pi} \sin \alpha;$$

$$Z_{2T} = G_T \frac{L_T - \epsilon_T}{L_T} \cos \alpha + G_T \frac{h_T}{L_T} \sin \alpha + G_{\Pi} f \frac{h_{ул}}{L_T} \cos \alpha + G_{\Pi} \frac{h_{ул}}{L_T} \sin \alpha.$$

P_T ва Z_{2T} кучлар ифодаларини (5) асосидаги $P_T=Z_{2T}\mu_x$ тенглама қўйиб, тенгламанинг чап томонини синусли ($\sin \alpha$), ўнг томонини косинусли ($\cos \alpha$) ҳадга келтириб ва ҳар икки ҳадни синусга бўлиб, қия текислигининг трактор поезди ғилдираклари ўзаро илашишни йўқотмай ҳаракатлана оладиган максимал кўтарилиш бурчагини ҳисоблаш формуласини топамиз:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\max \mu} = \frac{G_T \left(\frac{L_T - \epsilon_T}{L_T} \mu_x - f \right) + G_{\Pi} f \left(\frac{h_{ул}}{L_T} \mu_x - 1 \right)}{G_T \left(1 - \frac{h_T}{L_T} \mu_x \right) + G_{\Pi} \left(1 - \frac{h_{ул}}{L_T} \mu_x \right)}. \quad (9)$$

Қия текислик бўйлаб ҳаракатланиш пайтида трактор олдинги ғилдиракларининг йўл сатҳидан узулиши (поезднинг бўйлама барқарорлигини йўқолиши) рўй берадиган бурчакнинг максимал қийматини аниқлаш формуласини чиқариш учун тракторга таъсир этувчи кучларнинг орқа ғилдиракларнинг контакт нуқтаси (2) га нисбатан моментларининг мувозанат тенгламасини тузамиз (расм):

$$\begin{aligned} \sum M_2 = 0; & -Z_{1T} L_T + G_T \epsilon_T \cos \alpha - G_T h_T \sin \alpha - P_{ул} h_{ул} = 0 \quad \text{ёки} \\ & Z_{1T} L_T + G_T h_T \sin \alpha - G_T \epsilon_T \cos \alpha + P_{ул} h_{ул} = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Олдинги ғилдираклар йўл сатҳидан узилганда $Z_{1T}=0$. Бу шартни ва $P_{ул}$ нинг (8) бўйича ифодасини (10) га қўямиз:

$$\begin{aligned} G_T h_T \sin \alpha - G_T \epsilon_T \cos \alpha + G_{\Pi} h_{ул} \sin \alpha + G_{\Pi} f h_{ул} \cos \alpha &= 0. \Rightarrow \\ (G_T h_T + G_{\Pi} h_{ул}) \sin \alpha - (G_T \epsilon_T - G_{\Pi} f h_{ул}) \cos \alpha &= 0. \Rightarrow \\ (G_T h_T + G_{\Pi} h_{ул}) \sin \alpha &= (G_T \epsilon_T - G_{\Pi} f h_{ул}) \cos \alpha. \Rightarrow \\ \operatorname{tg} \alpha_{\max} &= \frac{G_T \epsilon_T - G_{\Pi} f h_{ул}}{G_T h_T + G_{\Pi} h_{ул}}. \end{aligned} \quad (11)$$

Параметрларнинг берилган қийматларида (9) ва (11) формулалар ёрдамида $\alpha_{\max \mu}$ ва $\alpha_{\max}$ бурчаклар миқдорлари ҳисоблаб топилади. Қайси бурчакнинг қиймати кичик бўлса, ўша бурчак трактор поезди томонидан енгиб ўтиладиган энг катта қиялик бурчаги сифатида қабул қилинади.

Ҳисоб-китобларни 4К4 ғилдирак формулали АХОС-340 трактор ва 2ПТС-4-793А русумли икки ўқли тиркамадан иборат трактор поезди учун бажарамиз. *Дастлабки маълумотлар.* АХОС-340 учун: эксплуатацион оғирлик кучи $G_T=50.649$ кН; бўйлама базаси $L_T=2.489$ м; оғирлик марказининг координаталари: $\epsilon_T=0.7467$ м; $h_T=1.5$ м; илмоқ кучининг елкаси $h_{ул}=0.85$ м; ғилдиракларнинг асфальт-бетон қопламали йўлда думалашга қаршилик коэффиценти $f=0.018$ [4]; ғилдирак шиналарининг асфальт-бетон қоплама билан илашиш коэффиценти $\mu_x=0.75$ [5]. Тиркама учун: юк билан оғирлик кучи $G_{\Pi}=38.259$ кН.

1-масала: $\alpha_{\max \mu}$ ва $\alpha_{\max}$ бурчакларнинг қийматлари аниқлансин.

Ечиш. Параметрлар қийматларини (9) га қўйсак,

$$\begin{aligned}
tg\alpha_{\max \mu} &= [50.649(\frac{2.489 - 0.7467}{2.489} \cdot 0.75 - 0.018) + 38.259 \cdot 0.018(\frac{0.85}{2.489} \cdot 0.75 - 1)]: \\
&: [50.649(1 - \frac{1.5}{2.489} \cdot 0.75) + 38.259(1 - \frac{0.85}{2.489} \cdot 0.75)] = \\
&= (50.649 \cdot 0.507 - 0.512) : (50.649 \cdot 0.548 + 38.259 \cdot 0.744) = (25.679 - 0.512) : \\
&: (27.755 + 28.464) = 25.167 / 56.219 = 0.447. \\
\alpha_{\max \mu} &= \arctg 0.447 \Rightarrow \alpha_{\max \mu} = 24^{\circ}.
\end{aligned}$$

(11) га мувофиқ:

$$\begin{aligned}
tg\alpha_{\max} &= \frac{50.649 \cdot 0.7467 - 38.259 \cdot 0.018 \cdot 0.85}{50.649 \cdot 1.5 + 38.259 \cdot 0.85} = \frac{37.819 - 0.585}{75.973 + 32.520} = \frac{37.234}{108.493} = 0.3431 \Rightarrow \\
\alpha_{\max} &= \arctg 0.3431 = 19^{\circ}.
\end{aligned}$$

Демак, энг катта бўйлама қиялик бурчагининг назарий қийматини $\alpha_{\max}=19^{\circ}$ деб қабул қилиш мумкин. Аммо ГОСТ 19677-87 Давлатлараро стандарт бўйича [6] тиркама уланган тракторлар ҳаракатланадиган йўллар учун $[\alpha_{\max}] \leq 12^{\circ}$ чекланиш қабул қилинган. Трактор поездининг бўйлама ҳаракатини тадқиқ этишда мазкур чекланиш ҳисобга олиниши шарт.

2-масала. $[\alpha_{\max}] \leq 12^{\circ}$ шартни қаноатлантирадиган трактор поезди таркибига кирадиган тиркамаларнинг максимал сони аниқлансин.

Ечиш. G_{Π} катталикини ўзгарувчан, қолган катталикларни ўзгармас деб қараб, (11) дан AXOS-340 трактор базасидаги трактор поезди таркибидаги тиркамаларнинг умумий оғирлигини аниқлаш формуласини оламиз:

$$G_{\Pi} = \frac{G_T(\epsilon_T - h_T tg\alpha_{\max})}{h_{\text{ит}}(tg\alpha_{\max} + f)}. \quad (12)$$

Параметрларнинг берилган қийматларини (12) га қўйиб ҳисоблаймиз:

$$G_{\Pi} = \frac{50.649(0.7467 - 1.5 \cdot tg12^{\circ})}{0.85(tg12^{\circ} + 0.018)} = 110.545 \text{ кН}.$$

Тиркамалар сони n қўйидагича аниқланади:

$$n = \frac{G_{\Pi}}{G_{\Pi 1}}, \quad (13)$$

бунда $G_{\Pi 1}$ – битта тиркаманинг юк билан оғирлиги, кН.

Юк кўтарувчанлиги 4 тонна бўлган 2ПТС-4-793А русумли тиркаманинг юк билан рационал оғирлиги $G_{\Pi 1}=38.259$ кН. (13) дан: $n=110.545/38.259=2.89 \approx 3$ та.

Юк кўтарувчанлиги 6 тонна бўлган ТТЗ-8525 русумли тиркаманинг юк билан рационал оғирлиги $G_{\Pi 1}=58.86$ кН. (13) дан: $n=110.545/58.86=2.89 \approx 2$ та.

Ҳисоб-китоблардан кўриниб турибдики, бўйлама қиялиги $\alpha_{\max} \leq 12^{\circ}$ бўлган асфальт-бетон копламали йўлда барқарор ҳаракат таъминланиши учун AXOS-340 тракторига оғирлиги 38.259 кН бўлган 2ПТС-4-793А тиркамадан кўпи билан 3 та, оғирлиги 58.86 кН бўлган ТТЗ-8525 тиркамадан кўпи билан 2 та улаш мумкин, холос.

Шундай қилиб, келтирилган (9), (11), (12) ва (13) ифодалар йўлнинг трактор поезди энгиб ўтадиган энг катта бўйлама қиялик бурчаги қийматини ва давлат стандартида белгилаб қўйилган қияликдаги йўлларда ҳаракатланадиган трактор поезди таркибидаги тиркамаларнинг рационал сонини аниқлаш имконини беради. Рационал таркибли трактор поездида ҳаракат хавфсизлиги ва илмоқ кучидан тўла фойдаланиш таъминланади.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Закин Я. Х. Прикладная теория движения автопоезда. М.: Транспорт, 1967. – 255 с.
- [2] Тракторы: Теория. Учебн. для студентов вузов по спец. «Автомобили и тракторы» / Гуськов В.В., Велев Н.Н., Атаманов Ю.Е. и др. Под общ. ред. Гуськова В.В. М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
- [3] Рашидов Н. Р. Тракторные многозвенные поезда. Ташкент: Узбекистан, 1981. – 368 с.
- [4] Тошболтаев М. Ўзбекистон кишлок хўжалигида машина-трактор агрегатларидан фойдаланиш даражасини оширишнинг назарий-методологик асослари. Тошкент: “Fan va texnologiya”, 2016. – 604 б.

- [5] Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. Учебн. для студентов автомобильных специальностей вузов. М.: Машиностроение, 1981. – 271 с.
 [6] ГОСТ 19677-87. Тракторы сельскохозяйственные. Общие технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 9 с.

Қишлоқ хўжалиғини механизациялаш
 илмий-тадқиқот институти

18.03.2019 й.
 қабул қилинган

М. Тошболтаев, Б. Холиков. Определение максимального угла подъёма, преодолеваемого тракторным поездом.

На основе изучения динамики равномерного движения тракторного поезда по продольно-наклонной поверхности получены формулы для вычисления и оценки критических значений угла подъёма и соответствующего рационального количества прицепов.

M. Toshboltaev, B. Holikov. The Determination of the maximum corner overcome ascent by tractor train.

On base of the study speakers uniform movement of the tractor train on longitudinal-tilted surface are received formulas for calculation and estimations of critical importance of the corner ascent and corresponding to rational amount trailer.

УДК 589.371

Р.Р. ХУДАЙКУЛИЕВ, Н.Б. ДЖУРАЕВА, Б.Ш. ПРИМКУЛОВ

МЕТОДИКА ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ СИСТЕМЫ «СТОЙКА–РЫХЛИТЕЛЬНАЯ ЛАПА» ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ ШИРОКОЗАХВАТНЫМ КУЛЬТИВАТОРОМ

В конструкцию культиватора входит стойка, удерживающая рыхлительную лапу в вертикальном положении, и передающая ей горизонтальные силовые усилия, развиваемые при движении машинного агрегата [1]. В связи с этим систему «стойка – рыхлительная лапа» рассмотрим как динамическую систему, состоящую из жесткого тела (лапки) и деформируемой балки (стойки). При этом часть конструкции (стойка) находится вне зоны влияния грунтовой среды, а другая часть (лапка) взаимодействует с грунтом и в процессе движения разрушает структуру грунта.

Пусть рабочий орган глубокорыхлителя представлен в виде балки длиной l , один конец которой закреплен с затупленным телом (рыхлительной лапой) массы m , перемещается в грунтовой среде по закону $L=L(t)$, а другой конец балки свободен. На расстоянии l_0 от свободного конца балки на стойку действует поперечная сила $P=P_0(t)$. Установим закон движения тела массы m и проведем расчет на динамическую прочность рабочего органа глубокорыхлителя при взаимодействии с грунтовой средой. Выберем начало координат на свободном конце балки и направим ось Ox вдоль балки от начала координат к сечению $x=l$.

Рассмотрим случай упругого закрепления стойки с лапкой рыхлителя. Для определения функции прогиба $W(x, t)$, характеризующей поперечные колебания балки, упруго закрепленной с затупленным телом (рыхлительной лапой) массы m , приведем последовательное решение уравнений (c – коэффициент жесткости упругого элемента) поперечных колебаний (1) и движения грунта (2) [2 – 4]:

$$EJ \frac{\partial^4 W}{\partial x^4} + m_0 \frac{\partial^2 W}{\partial t^2} + c [W(l, t) - L(t)] \cdot \delta(l - x) = P_0(t) \cdot \delta(l_0 - x), \quad (1)$$

$$\left[m + m_{np}(h) \right] \cdot \ddot{L} = -(1 + \mu_0 \operatorname{ctg} \beta) \cdot (A + B \rho_0 \dot{L}^2) \cdot h^2 + c \cdot [W(l, t) - L(t)], \quad (2)$$

при граничных условиях:

$$\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} = 0, \quad \frac{\partial^3 W}{\partial x^3} = 0, \quad \text{при } x = 0, \quad (3)$$

$$\frac{\partial W}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial^3 W}{\partial x^3} = 0, \quad \text{при } x = l_0 - 0.$$

Начальные условия для определения функций $W(x, t)$ и $L(t)$ примем нулевыми, т. е.:

$$W = \frac{\partial W}{\partial t} = L = \frac{dL}{dt} = 0, \text{ при } t = 0. \quad (4)$$

Здесь E – модуль Юнга материала балки; J – момент инерции сечения балки; m_6 – погонная масса балки; $m_{np}(h) = (1 + \mu_0 \text{ctg} \beta) \rho_0 c h^3$ – присоединенная масса грунта в уравнении (2); l – длина балки; h – глубина рыхления; μ_0 – коэффициент динамической вязкости; β – угол внутреннего трения; ρ_0 – начальная плотность грунта; A, B – константы, определяемые из граничных условий; $\delta(\zeta)$ – дельта функция Дирака. Наличие в уравнении (1) этой функции означает, что в сечении балки $x=l_0$ действует сосредоточенная поперечная сила $P=P_0(t)$, вследствие чего третья производная терпит разрыв, т.е.

$$\left[EJ \cdot \frac{\partial^3 W}{\partial x^3} \Big|_{x=l_0+0} - EJ \cdot \frac{\partial^3 W}{\partial x^3} \Big|_{x=l_0-0} \right] = P_0(t). \quad (5)$$

Полагаем $W = L(t) + w(t, x)$, где функция $w(t, x)$ удовлетворяет уравнению:

$$EJ \cdot \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + m_6 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + c w(t, x) \delta(l - x) = P_0(t) \delta(l_0 - x) - m_6 \ddot{L} \delta(l - x), \quad (6)$$

нулевым начальным условиям:

$$w = \frac{\partial w}{\partial t} = 0 \quad (7)$$

и граничным условиям:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = 0, \quad \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0, \text{ при } x = 0, \quad (8)$$

$$\frac{\partial w}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = 0 \text{ при } x = l_0 + 0. \quad (9)$$

Видно, что уравнение (6) описывает поперечные колебания лапы рыхлителя, упруго закрепленной со стойкой при действии сосредоточенной силы $P_0(t)$.

Решение уравнения (6) при начально-краевых условиях (7) – (9) получим методом Фурье. Решение однородного уравнения (1) представим в виде разложения

$$W = \sum_{n=1}^{\infty} X_n(x) \cdot T_n(t), \quad (10)$$

где $X_n(x)$ – собственные функции, удовлетворяющие уравнению

$$X_n^{IV} - \alpha_n^4 X_n + \frac{1}{EJ} c \cdot X_n(l) \cdot \delta(l - x) = 0 \quad (11)$$

и однородным граничным условиям

$$X_n''(0) = X_n'''(0) = 0, \quad X_n'(l) = X_n'''(l+0) = 0. \quad (12)$$

Решение уравнения (11), удовлетворяющее условиям (12), представим в виде [5]

$$X_n(x) = \{A_{1n} \cdot V_1(\alpha_n x) + A_{2n} \cdot V_2(\alpha_n x) + A_{3n} \cdot V_3(\alpha_n x) + A_{4n} \cdot V_4(\alpha_n x) + \\ + V_3 \cdot [\alpha_n(l - x)] \cdot H(l - x)\} \cdot \frac{c X_n(l)}{\alpha_n^3 EJ}, \quad (13)$$

где $H(z)$ – единичная функция Хэвисайда; $V_i(z)$ – функции Крылова:

$$V_1(z) = \frac{chz + \cos z}{2}, \quad V_2(z) = \frac{shz + \sin z}{2}, \quad V_3(z) = \frac{chz - \cos z}{2}, \quad V_4(z) = \frac{shz - \sin z}{2}.$$

В соотношении (13) A_{in} – константы, определяемые из граничных условий (12), которые в результате несложных преобразований будут удовлетворять следующим формулам:

$$A_{1n} = \frac{V_1(\alpha_n l)[V_1^2(\alpha_n l) - V_3(\alpha_n l)V_2(\alpha_n l)] + V_4(\alpha_n l)[V_2^2(\alpha_n l) - V_1(\alpha_n l)V_4(\alpha_n l)]}{\Delta_n},$$

$$A_{2n} = \frac{V_3(\alpha_n l)[V_2(\alpha_n l)V_3(\alpha_n l) - V_1^2(\alpha_n l)] + V_2(\alpha_n l)[V_1(\alpha_n l)V_4(\alpha_n l) - V_2^2(\alpha_n l)]}{\Delta_n},$$

$$A_{3n} = V_1(\alpha_n l), \quad A_{4n} = -V_2(\alpha_n l). \quad \Delta_n = V_4(\alpha_n l)V_3(\alpha_n l) - V_2(\alpha_n l)V_1(\alpha_n l).$$

Пусть $X_n = X_n(l)$, тогда при $x=l$ получим уравнение для определения собственных чисел α_n :

$$\alpha_n^3 EJ = c \cdot \left[A_{1n}V_1(\alpha_n l) + A_{2n}V_2(\alpha_n l) + A_{3n}V_3(\alpha_n l) + A_{4n}V_4(\alpha_n l) \right]. \quad (14)$$

Как известно, собственные функции $X_k(x)$ удовлетворяют условию ортогональности [5]:

$$\int_0^l X_k(x)X_n(x)dx = 0, \quad \text{при } k \neq n. \quad (15)$$

Обозначим через α_k k -й корень уравнения (10), а соответствующую собственную функцию через $X_k(x)$ и решение неоднородного уравнения (6) представим в виде разложения в ряд Фурье

$$w(x, t) = \sum_{k=1}^n X_k(x) \cdot T_k(t), \quad (16)$$

где собственные функции с учетом выражений постоянных $A_{jk} X_k(x)$ выбираются в следующем виде:

$$X_n(x) = \Delta_{1n}V_1(\alpha_n x) + \Delta_{2n}V_2(\alpha_n x) + \Delta_n[V_{1n}V_3(\alpha_n x) - V_{2n}V_4(\alpha_n x)] + \Delta_nV_3[\alpha_n(l-x)]H(l-x),$$

$$\text{где } \Delta_{1n} = V_{4n}(V_{2n}^2 - V_{1n}V_{4n}) - V_{1n}(V_{2n}V_{3n} - V_{1n}^2), \quad \Delta_{2n} = -V_{2n}(V_{2n}^2 - V_{1n}V_{4n}) + V_{3n}(V_{2n}V_{3n} - V_{1n}^2).$$

Подставляя (16) в уравнение (6), получим:

$$\sum_{k=1}^n \left\{ EJX_k^{IV} \cdot T_k + m_b \cdot \ddot{T}_k + c \cdot X_k(l) \cdot T_k(t) \cdot \delta(l-x) \right\} = P_0(t) \cdot \delta(l_0 - x) - c \cdot L(t) \cdot \delta(l-x).$$

Тогда с учетом (11) будем иметь:

$$\sum_{k=1}^n \left[m_{\phi} \ddot{T}_k + EJ\alpha_k^4 T_k \right] \cdot X_k(x) = P_0(t) \cdot \delta(l_0 - x) + c \cdot L(t) \cdot \delta(l-x).$$

Пользуясь условием ортогональности (15), находим:

$$\ddot{T}_n + \frac{EJ\alpha_n^4}{m_{\phi}} T_n = \frac{P_0(t)X_n(l_0)}{m_{\phi}\|X_n\|} + \frac{\ddot{L}(t)\int_0^l X_n(x)dx}{\|X_n\|}, \quad (17)$$

$$\text{где } \|X_n\| = \int_0^l X_n^2(x)dx.$$

Уравнение движения рыхлительной лапы представим в виде

$$[m + m_{np}(h)]\ddot{L} = -(1 + \mu_0 \text{ctg} \beta)(A + B\rho_0 \dot{L}^2)h^2 + c \sum_{n=1}^{\infty} X_n(l)T_n(t). \quad (18)$$

Подставляя выражение ускорения лапки $\ddot{L}$ из (18) в (17), получаем

$$\ddot{T}_n + \frac{EJ\alpha_n^4}{m_{\phi}} T_n = \frac{P_0(t)b_n}{m_{\phi}} - \frac{c_n}{(m + m_{np})} \left[(1 + \mu_0 \text{ctg} \beta)(A + B\dot{L}^2)h^2 - c \sum_{k=1}^{\infty} X_k(l)T_k(t) \right], \quad (19)$$

$$\text{где } b_n = X_n(l)/\|X_n\|, \quad c_n = \frac{1}{\|X_n\|} \int_0^l X_n(x)dx.$$

Выражения (18) и (19) совместно образуют систему бесконечных дифференциальных уравнений для определения функций $T_k(t)$ ($k=1, 2, 3, \dots$) и $L(t)$, которую можно решить методом усечения.

Расчеты проводились при действии динамической нагрузки $P_0=P_{00}H(t)$ и были приняты равным $E=2 \cdot 10^5$ МПа, $\beta=20^\circ$, $\theta=20^\circ$, $c=50000$ Н/м², $\rho_0=2000$ кг/м³, $\mu_0=0.2$, $h=0.15$ м, $m_0=12.8$ кг [6].

Для реализации движения лапы каждому значению коэффициента жесткости c соответствуют максимальная длина l_0 и минимальное значение силы P_{00} . Если принять, $c=1$ МН/м, то при $P_{00}^{(\min)} = 700$ Н максимальное значение длины будет равно $l_0=l_{0\max}=0.7$ м. В случае $l_0 < l_{0\max}$ движение лапки не реализуется. Для этого значения коэффициента жесткости расчеты производились для $P_{00}=1.5$ кН.

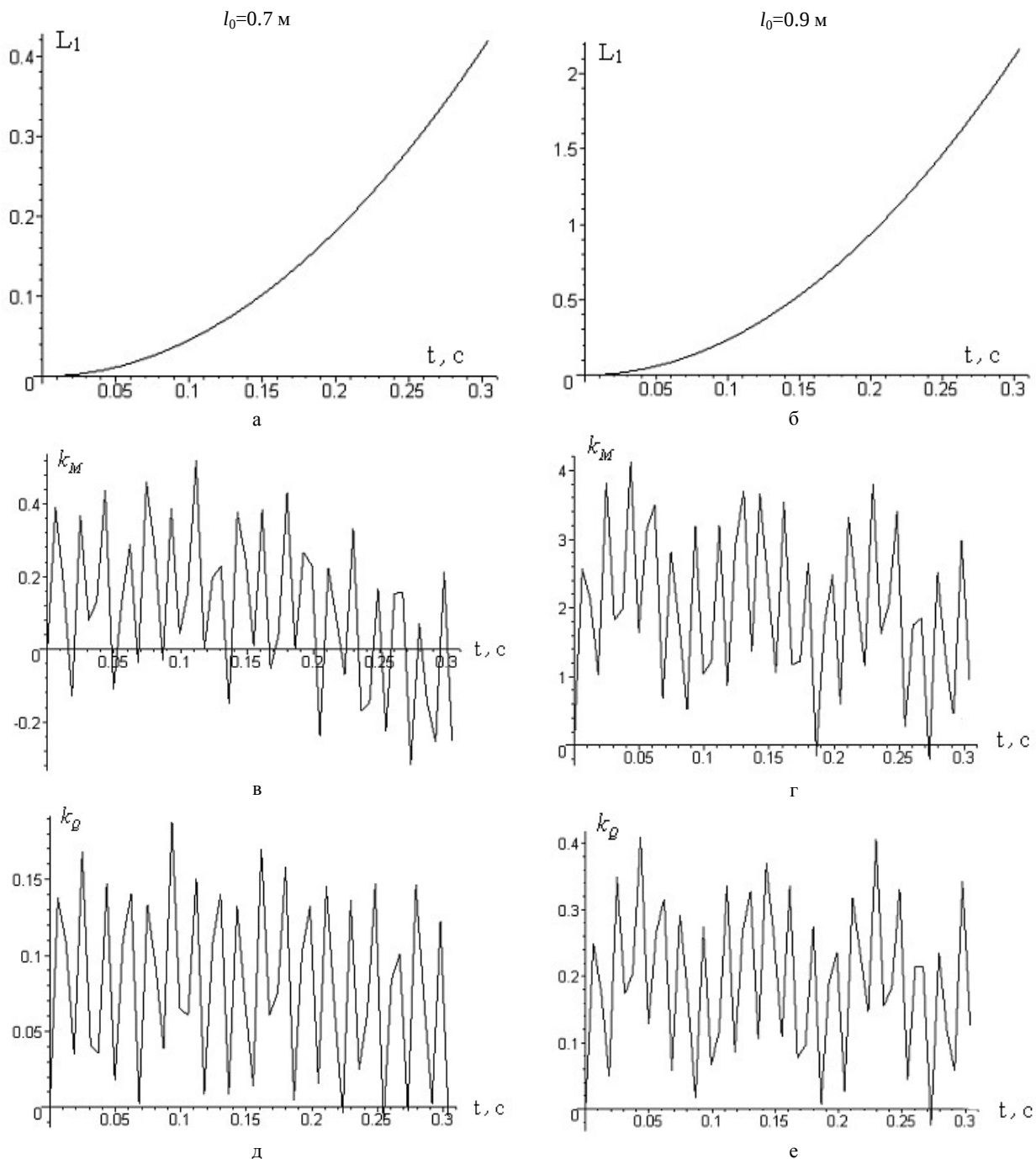


Рис. 1. Графики зависимости перемещения лапки $L_1=L1$, м (а – при $l_0=0.7$ м; б – при $l_0=0.9$ м) и коэффициентов динамичности изгибающего момента $k_M=kM$ (в – при $l_0=0.7$ м; г – при $l_0=0.9$ м), перерезывающей силы $k_Q=kQ$ (д – при $l_0=0.7$ м; е – при $l_0=0.9$ м) от времени t , с при $c=1$ МН/м

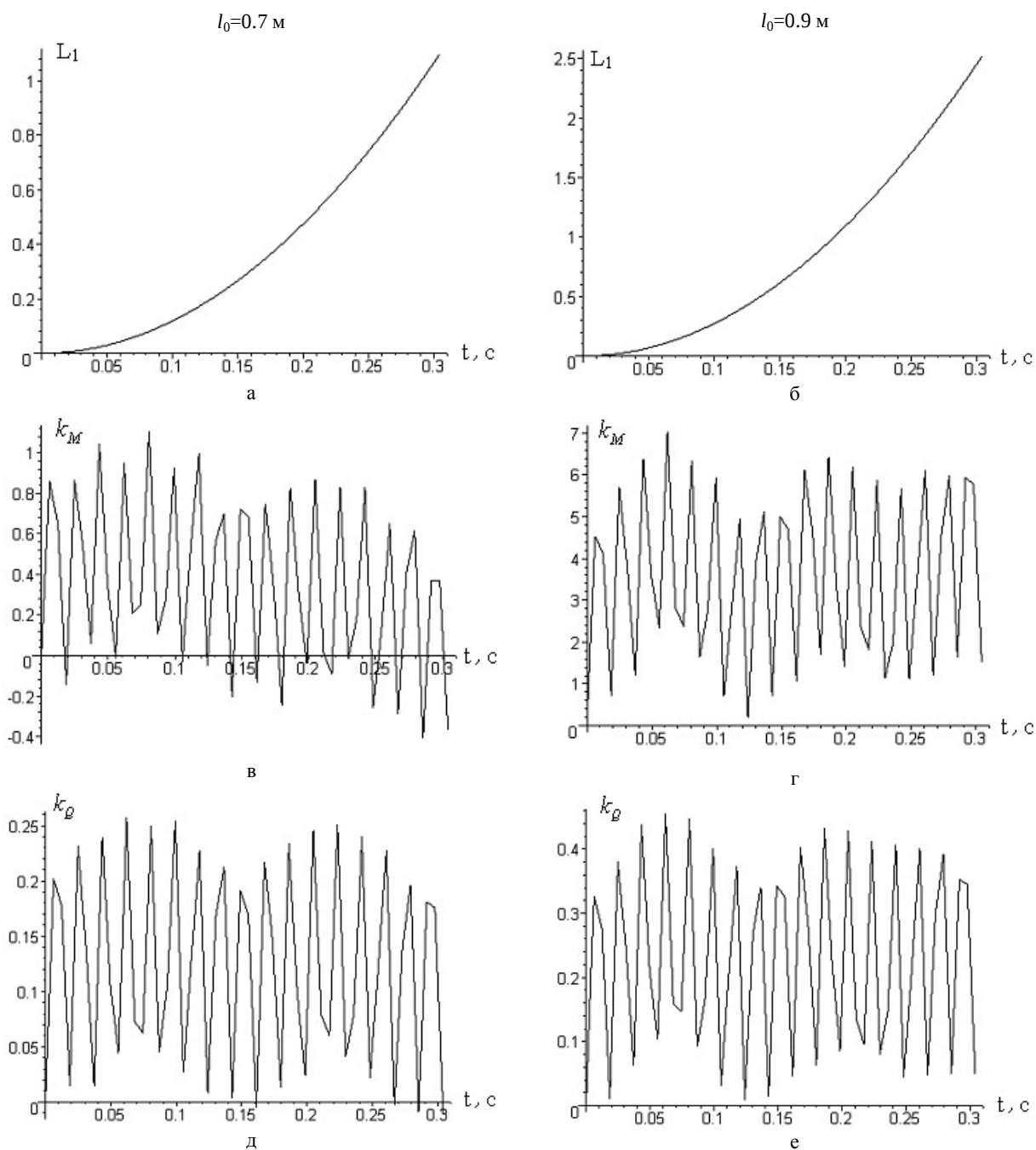


Рис. 2. Графики зависимости перемещения лапки $L_1=L1$, м (а – при $l_0=0.7$ м; б – при $l_0=0.9$ м) и коэффициентов динамичности изгибающего момента $k_M=kM$ (в – при $l_0=0.7$ м; г – при $l_0=0.9$ м), перерезывающей силы $k_Q=kQ$ (д – при $l_0=0.7$ м; е – при $l_0=0.9$ м) от времени t , с при $c=0.5$ МН/м

На рис. 1 представлены зависимости перемещения лапки и динамических коэффициентов от времени для двух значений длины сечения l_0 , к которой приложена поперечная сила. Аналогичные кривые для значения коэффициента жесткости $c=0.5$ МН/м представлены на рис. 2. При этом принято $l_{0\max}=0.7$ м. Тогда минимальное значение силы будет равно $P_0=425$ Н. Кривые построены для $P_{00}=1.5$ кН.

Таким образом, анализируя полученные графики, видим, что законы изменения изгибающего момента и перерезывающей силы по времени близки к колебательному, а их величины зависят от степени уплотненности грунта вблизи лапки и места приложения внешней поперечной силы. При этом изгибающий момент имеет наибольшие положительные и отрицательные амплитуды колебаний при действии нагрузки в верхнем сечении стойки, и близкие по абсолютному значению к статическому.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Худайкулиев Р.Р., Джураева Н.Б., Холматова З.Т. Выбор компоновочных схем и проектирование широкозахватных комбинирующих агрегатов с универсальной рамой // *Узбекский журнал «Проблемы механики»*. 2018. № 4. С. 100 – 103.
- [2] Павленко А.Л., Звягин А.В. О движении тонких тел в линейно-упругой среде // *Газовая и волновая динамика*. Вып. 2. М.: Изд-во МГУ. 1979. С. 57 – 67.
- [3] Рахматулин Х.А., Сагомоян А.Я., Алексеев Н.А. Вопросы динамики грунтов. М.: Изд-во МГУ, 1964. – 239 с.
- [4] Сагомоян А.Я. Проникание. М.: Изд-во МГУ, 1974. – 300 с.
- [5] Сагомоян А.Я. Обзор некоторых работ по динамике грунтов // *«Вестник Московского университета»*. 1967. № 6. С. 48 – 54.
- [6] Тухтакузиев А. Механико-технологические основы эффективности работы почвообрабатывающих машин хлопководческого комплекса: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. Янгйюль, 1998. – 16 с.

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

Дата поступления
04.04.2019

Р.Р. Худайкулиев, Н.Б. Джураева, Б.Ш. Примкулов. Ерга ишлов беришда кенг қамровли культиваторнинг «таянч-юмшатувчи лапа» тизимидаги кўндаланг тебранишларни ҳисоблаш усули

Мақолада кенг қамровли культиваторнинг «таянч-юмшатувчи лапа» тизимидаги тебранишлари таянч узунлигининг 2 та қийматда қараб чиқилган бўлиб, эгувчи момент ва кесувчи кучнинг вақт бирлиги ичида ўзгариши кўндаланг тебранишларга яқин эканлиги илмий асосланган, уларнинг қийматлари эса лапа атрофидаги тупроқнинг зичлик даражасига ва ташиқи кўндаланг кучнинг қарерга қўйилганлигига боғлиқ.

R.R. Hudaykuliev, N.B. Djuraeva, B.Sh. Primkulov. The method of calculating the transverse vibrations in the groundbreaking system of the cultivator of a large-scale cultivator

The article notes that the fluctuations of a large-scale cultivator's "base-softening lump" system are based on the length of the wedge at two values, with the fact that the moment of moment and the moment of the pulling force are close to the vertical oscillations, and their values are determined by the density of the soil surrounding the mold and where the external transverse force on.

УДК 531: 521.77

Ш.Р. ХУРРАМОВ, Г.А. БАХАДИРОВ, А. АБДУКАРИМОВ

УГЛЫ КОНТАКТА СО СВОБОДНЫМ ВЕРХНИМ ВАЛКОМ ДВУХВАЛКОВОГО МОДУЛЯ

В работе [1] были определены углы контакта двухвалкового модуля с двумя приводными валками. Эта работа посвящена определению углов контакта в двухвалковом модуле, в котором один из валков свободный. Допустим, что приводным является нижний валок, а верхний – свободным. В момент начального соприкосновения слоя материала с валками свободный валок не оказывает стягивающего действия на слой материала. Более того, свободный валок в некоторой мере противодействует стягиванию слоя из-за сопротивления вращению в его опорах. С учетом этого на рисунке показана схема сил.

Углы контакта в начале касания слоя с валками α_1 , α_2 и их сумма определяются аналогично случаю, когда оба валка приводные, и имеют вид [1]:

$$\alpha_1 = \sqrt{\frac{2R_2(\delta_1 - h_1)}{R_1(R_1 + R_2)}} - \frac{(R_1 + R_2)\beta_1 - \delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2},$$

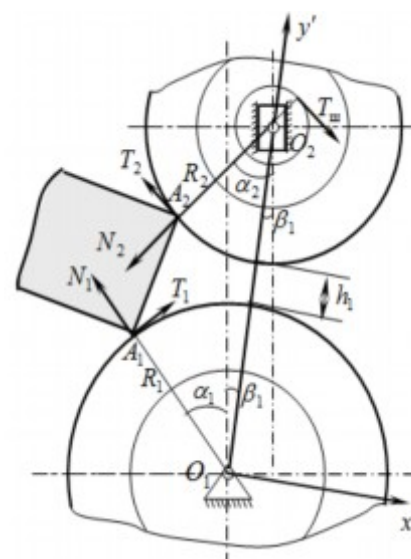


Схема сил в двухвалковом модуле с верхним свободным валком

$$\alpha_2 = \sqrt{\frac{2R_1(\delta_1 - h_1)}{R_2(R_1 + R_2)}} + \frac{(R_1 + R_2)\beta_1 - \delta_1\gamma_1}{R_1 + R_2}, \quad (1)$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta_1 - h_1)}{R_1 R_2}}. \quad (2)$$

Составим уравнения равновесия сил слоя материала в момент касания с валками:

$$\begin{cases} \sum X' = -N_{1x'} - N_{2x'} + T_{1x'} - T_{2x'} = 0, \\ \sum Y' = N_{1y'} - N_{2y'} + T_{1y'} + T_{2y'} = 0 \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} N_1 \sin(\alpha_1 + \beta_1) - T_1 \cos(\alpha_1 + \beta_1) = -(N_2 \sin(\alpha_2 - \beta_1) + T_2 \cos(\alpha_2 - \beta_1)), \\ N_1 \cos(\alpha_1 + \beta_1) + T_1 \sin(\alpha_1 + \beta_1) = N_2 \cos(\alpha_2 - \beta_1) - T_2 \sin(\alpha_2 - \beta_1). \end{cases} \quad (3)$$

Величину силы трения T_2 можно определить из равенства [2]

$$M_{\text{ш}} = T_{\text{ш}} r_{\text{ш}} = N_2 f_{\text{ш}} r_{\text{ш}} = T_2 R_2,$$

где $M_{\text{ш}}$ – момент, создаваемый силами трения в шейках свободного валка; $T_{\text{ш}}$ – равнодействующая сил трения в шейках; $r_{\text{ш}}$ – радиус шейки свободного валка; $f_{\text{ш}}$ – коэффициент трения в шейках.

Находим

$$T_2 = N_2 f_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2}.$$

После подстановки значения T_2 и по закону Амонтона T_1 в уравнениях системы (3) и их совместного решения получим

$$\operatorname{tg}(\alpha_1 + \alpha_2) = \frac{f_1 - f_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2}}{1 + f_1 f_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2}}. \quad (4)$$

Допустим [2], что

$$\frac{r_{\text{ш}}}{R_2} f_{\text{ш}} = \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \operatorname{tg} v_{\text{ш}} = \operatorname{tg} \left(v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right),$$

где $v_{\text{ш}}$ – угол трения в шейках. Тогда можно написать:

$$\frac{f_1 - f_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2}}{1 + f_1 f_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2}} = \frac{\operatorname{tg} v_1 - \operatorname{tg} \left(v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right)}{1 + \operatorname{tg} v_1 \operatorname{tg} \left(v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right)} = \operatorname{tg} \left(v_1 - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2} \right).$$

Следовательно, имеем

$$\alpha_1 + \alpha_2 = v_1 - v_{\text{ш}} \frac{r_{\text{ш}}}{R_2}. \quad (5)$$

В большинстве случаев в двухвалковых модулях валки устанавливаются в подшипниках качения, где величина трения невелика. Вследствие этого силой трения T_2 можно пренебречь по сравнению с другими силами, действующими на валок [3].

Следовательно, сумма углов контакта равняется углу трения нижнего приводного валка, т.е.

$$\alpha_1 + \alpha_2 = v_1. \quad (6)$$

Таким образом, если допустить, что сопротивление вращению в шейках свободного валка отсутствует, то сумма максимальных углов контакта в начале касания слоя с валками в двухвалковых модулях с одним приводным валком будет вдвое меньше, чем с двумя приводными валками.

Сравним максимальные толщины слоя, который может быть обработан валками двухвалкового модуля при наличии приводного и свободного верхнего валка. Будем считать, что валки двухвалкового модуля в начальный момент контакта располагаются без зазора, т.е. $h_1=0$.

Из выражения (2) для двухвалкового модуля с двумя приводными валками находим

$$\delta_{1п} = h_1 + \frac{R_1 R_2}{2(R_1 + R_2)} (v_1 + v_2)^2.$$

Отсюда при $h_1=0$ имеем

$$\delta_{1п\max}^п = \frac{R_1 R_2}{2(R_1 + R_2)} (v_1 + v_2)^2. \quad (7)$$

Аналогично, с учетом выражения (6), находим для двухвалкового модуля с верхним свободным валком

$$\delta_{1\max}^с = \frac{R_1 R_2}{2(R_1 + R_2)} v_1^2. \quad (8)$$

Найдем отношение, когда $v_1=v_2$:

$$\frac{\delta_{2\max}^п}{\delta_{2\max}^с} = 4.$$

Таким образом, максимальная толщина слоя материала, который может быть обработан валками двухвалкового модуля, при свободном верхнем валке почти в четыре раз меньше, чем при приводном валке.

С учетом равенства (6) выражение (2) имеет вид

$$v_1 = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta_1 - h_1)}{R_1 R_2}}. \quad (9)$$

С учетом выражения (9) из зависимостей (1) находим

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= \frac{1}{R_1 + R_2} (R_2 v_1 - (R_1 + R_2) \beta_1 + \delta_1 \gamma_1), \\ \alpha_2 &= \frac{1}{R_1 + R_2} (R_1 v_1 + (R_1 + R_2) \beta_1 - \delta_1 \gamma_1). \end{aligned} \quad (10)$$

Учитывая выражения (6) аналогично зависимостям (9) и (10), получим

$$v_{11} = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(\delta_1 - k h_1)}{R_1 R_2}}, \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \varphi_{11} &= \frac{1}{R_1 + R_2} (R_2 v_{11} - (R_1 + R_2) \beta_1 + \delta_1 \gamma_1), \\ \varphi_{21} &= \frac{1}{R_1 + R_2} (R_1 v_{11} + (R_1 + R_2) \beta_1 - \delta_1 \gamma_1), \end{aligned} \quad (12)$$

где φ_{12} , φ_{22} – углы контакта начала установившегося процесса; v_{11} – угол трения нижнего приводного валка в точке, лежащей на линии центров.

Как в [1], считаем, что

$$\delta_2 = m_2 \delta_1, \quad \delta_2 \gamma_2 = m_1 \delta_1 \gamma_1, \quad (13)$$

где m_1 , m_2 – коэффициенты пропорциональности; δ_2 – конечная толщина слоя материала; γ_2 – угол наклона слоя материала относительно линии центров.

Аналогично зависимостям (11) и (12) получим

$$v_{12} = \sqrt{\frac{2(R_1 + R_2)(m_2\delta_1 - h_2)}{R_1 R_2}}, \quad (14)$$

$$\varphi_{12} = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_2(v_{12} + v_{22}) + (R_1 + R_2)\beta_1 + m_1\delta_1\gamma_1),$$

$$\varphi_{22} = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_1(v_{12} + v_{22}) - (R_1 + R_2)\beta_1 - m_1\delta_1\gamma_1), \quad (15)$$

где v_{12} – угол трения нижнего приводного вала в точке выхода переднего конца слоя из зоны контакта валков; φ_{12} , φ_{22} – углы контакта конца установившегося процесса.

Проведенный анализ геометрических условий взаимодействия двухвалкового модуля позволяет определять углы контакта двухвалкового модуля, представленного на рисунке, в котором верхний валок свободный, а нижний – приводной. Они определяются по формулам (9) – (15).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хуррамов Ш.Р., Бахадиров Г.А., Абдукаримов А. Анализ углов контакта двухвалкового модуля // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент, 2018. № 4. С. 68 – 72.
- [2] Грудев А.П. Захватывающая способность прокатных валков. М.: «СП Интермет Инжиниринг», 1998. – 283 с.
- [3] Кузнецов Г.К. Об условиях захвата слоя при свободном верхнем валке отжимной пары // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. Иваново, 1964. № 2. С. 40 – 43.

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

Дата поступления
20.02.2019

Ш.Р. Хуррамов, Г.О. Бахадиров, А. Абдукаримов. Юқори вали узатмасиз икки валли модулнинг контакт бурчаклари

Мақолада қўйи вали узатмага эга бўлган ва юқори вали узатмасиз валли модулнинг контакт бурчаклари таҳлили натижалари келтирилган.

Sh.R. Hurramov, G.A. Bakhadirov, A. Abdulkarimov. Contact angles with a free upper roll of a two-shaft module

The article presents the results of the analysis of the contact angles of the two-shaft module, in which the lower roller is driven and the upper roller is free.

УЎК 633.511

М. ШОУМАРОВА, Т. АБДИЛЛАЕВ

ШПИНДЕЛ ҒАЛТАГИ ЮМАЛАНИШ РАДИУСИНИНГ ПАХТА ТЕРИШ ДАРАЖАСИГА ТАЪСИРИ

Аграр соҳадаги олий ўқув юртларида “Қишлоқ хўжалиги машиналари” фани талабаларига ўқитилади. Профессор-ўқитувчилар томонидан фан ютуқларини таълим жараёнида жорий қилишга, талабалар ҳар бир жараён моҳиятини онгли равишда тушунишига эришиш учун ҳаракат қилинади. Табиийки, талабалар замонавий машиналарни чуқурроқ ўрганишга интилиб, саволлар беришади. Мисол учун, илғор хўжаликларда ўтказилаётган технологик амалиётда иштирок этган талабалар ўзлари учратган техник камчиликларга ечим топиш учун амалиётда учрайдиган МХ-1,8 вертикал шпинделли пахта териш машинасига оид бўлган кўплаб саволларни беришади. Нега бир хил агрофонда ишлатилаётган машиналар ҳар-хил териш даражасига эга бўлиши сабабларини тушунишга ҳаракат қилишади.

Машинанинг пахтани териш олиш даражаси кўп омилларга боғлиқ, аммо шпинделларни ишчи зонада айлантирадиган понасимон тасмалар ҳолатига кўп жиҳатдан боғлиқ эканлигига эътибор қаратишмайди. Талабалар хўжаликларда мазкур тасмалар кўп ейилиб, ҳатто титилиб кетган ҳолатларини кузатишган. Маълумки, шпиндел тиши икки ёнли пона каби чанокдаги пахта толалари орасига ботиб, илинтириб олиши ҳисобига уларни чанокдан суғуриб олади [1]. Бунинг

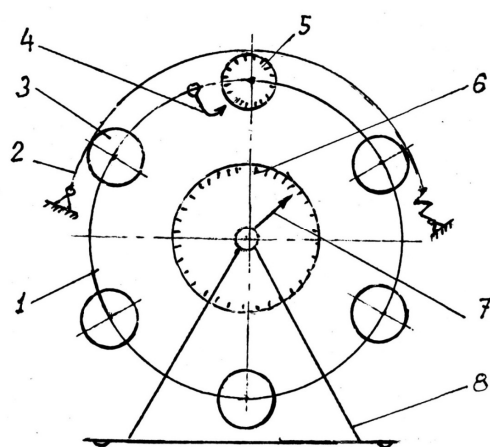
учун, тиш абсолют тезлигининг вектори маълум йўналишга қаратилган бўлиши керак. Бу тезликнинг таркибий қисмлари бўлган машинанинг илгариланма юришдаги V_M тезлиги, шпиндел марказининг барабан ўқи атрофидаги айланма ҳаракатининг тезлиги V_ϕ деярли ўзгармайди, аммо шпинделнинг ўз ўқи атрофида айланиши ҳисобига тиш оладиган $V_{ш}$ тезлиги тасманинг ҳолатига мос ўзгариб қолади. Хўжаликларда тасма ҳолатига кўп эътибор беришмайди. Тасма таранглиги камайиб қолса ёки кўп ейилган бўлса, ғалтакнинг юмаланиш радиуси ўзгариши ҳисобига шпинделнинг бурчак тезлиги ўзгариб қолади.

Амалдаги усуллардан фойдаланиб ω_ϕ бурчак тезлиги билан айланаётган барабандаги шпиндел бурчак тезлиги ω_s ўлчаниб аниқланса, юритманинг ҳаракат узатиш сонини $i = \omega_s / \omega_\phi$ кўринишда аниқлаш мумкин. Фрикцион узатма геометрик ўлчамлари орқали териш зонаси учун $i = (R_\phi + r_{ю}) r_{ю} = R_\phi / r_{ю} + 1$ шаклида топилади (бу ерда R_ϕ – барабан радиуси; $r_{ю}$ – ғалтакнинг тасма бўйлаб юмаланиш радиуси). Натижада, ω_s маълум бўлса $r_{ю} = R_\phi / i - 1$ олинади [2].

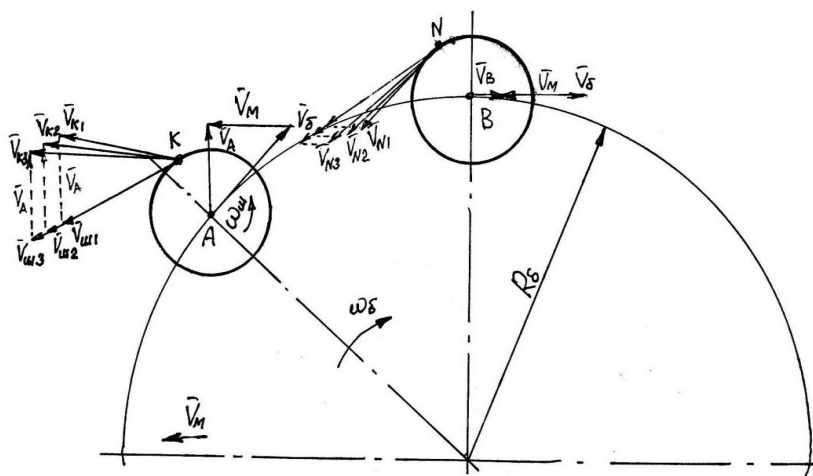
Қатор мутахассислар томонидан яратилган стендга шпиндел барабанининг устки диски маҳкамланган бўлиб, унга шпиндел барабанининг устки диски маҳкамланган бўлиб, унга шпиндел ғалтаклари ўрнатилган.

Стенд кўлда айлантрилиб шпиндел ғалтаги 3 стрелка 4 га нисбатан 360° га бурилганда устки диск 1 кўзғалмас стрелка 7 га нисбатан бурилган бурчак α ни ўлчаб, $i = 2\pi / \alpha$ ни аниқлаш имконини беради. Барабанни секин айлантриганда ғалтак тасма бўйлаб юмаланиб, сирпаниш даражаси анча кам бўлиши ҳисобига олинадиган натижа бирмунча ҳақиқий микдорга нисбатан фарқланади. Аммо, ўқитиш жараёни учун, олинган натижанинг аниқлиги етарли бўлиб, талабаларга ғалтак юмаланиш радиуси маъносини тушунтириш имконини беради.

Тасма қанчалик кўп ейилган бўлса, ғалтак новига чуқурроқ ботиб, юмаланиш радиусини камайтиради. Амалдаги пахта териш машинаси кинематик параметрлари асосида шпинделли барабан тезлиги $n_\phi = 113$ айл/мин, барабан радиуси $R_\phi = 146$ мм шпиндел радиуси $r_{ю} = 12$ мм бўлган ҳолат учун ғалтакнинг юмаланиш радиуси $r_{ю1} = 12.5$ мм; $r_{ю2} = 12.0$; $r_{ю3} = 11.5$ мм; $r_{ю4} = 11.0$ мм; $r_{ю5} = 10.5$ мм; $r_{ю6} = 10.0$ мм бўлганида шпиндел бурчак тезлиги, шпиндел тиши абсолют тезлигининг микдори ва йўналиши, ушбу абсолют тезликлар учун турли ҳолатдаги шпиндел сирти фаол қисмининг микдорлари маълум график усулда аниқланди (2-расм).



1-расм. Шпиндел ғалтаги юмаланиш радиусини аниқлаш учун соддалаштирилган стенд схемаси:
1 – устки диск; 2 – ташки тасма; 3 – ғалтак; 4 – стрелка;
5 – ғалтак устидаги шкала; 6 – дискдаги шкала;
7 – кўзғалмас стрелка; 8 – асос



2-расм. Шпиндел тишини абсолют тезлиги $\vec{V}_{к1}$ ва $\vec{V}_{N1}$ ларнинг микдори ва йўналишига шпинделнинг ўзгарувчан бурчак тезлиги таъсирини ифодаловчи схема (фикр тушунарли бўлиши учун схема масштабсиз чизилган)

Уни бажаришда барабан айланасида шпинделнинг кетма-кет жойлашган бир нечта ҳолати кўрсатилади ва унинг сиртидаги бир нечта нуктани тишлар жойлашувида белгилаб тиш деб қабул қиламиз. A ва B ҳолатларда шпиндел марказини барабан ўқиға нисбатан $V_{\phi} = \omega_{\phi} R_{\phi}$ тезлиги ва машина тезлиги V_m векторлари ўзаро қўшилиб, шпиндел марказини абсолют тезликлари $\vec{V}_A$, $\vec{V}_B$ топилади.

Ғалтакнинг юмаланиш радиуси ўзгарганида шпиндел турли бурчак тезлиги билан айланиши туфайли A ҳолатдаги шпинделда K жойни эгаллаган тишнинг марказ A га нисбатан чизикли тезликлари V_{u1} , V_{u2} , ва V_{u3} бир хил йўналишда, аммо миқдорлари ҳар хил бўлиши аниқланди. $\vec{V}_{u1}$, $\vec{V}_{u2}$ ва $\vec{V}_{u3}$ ларга $\vec{V}_A$ қўшилиб $\vec{V}_{\kappa1}$, $\vec{V}_{\kappa2}$ ва $\vec{V}_{\kappa3}$ абсолют тезликлар топилди. Уларнинг миқдорлари бир мунча ўзгарса ҳам, йўналишлари деярли ўзгармади, чунки $\vec{V}_m$ ва $\vec{V}_{\phi}$ ўзгармайди. Тишнинг чанокдаги пахтага ботиб, илинтириб олиш қобилияти унинг абсолют тезлигини миқдорига нисбатан йўналишига кўпроқ боғлиқлиги маълум.

Мисолимизда, шпиндел ғалтагини юмаланиш радиуси ўзгариши билан, тиш абсолют тезликларининг йўналиши деярли ўзгармас экан, шу сабабли, М.В.Сабликов усули билан уларнинг эпюраси қурилса, шпиндел сиртининг фаол қисми деярли ўзгармаслиги аниқланди.

Шундай қилиб, ғалтак юмаланиш радиуси тасманинг ейилиши ҳисобига 12.5 мм дан 10.0 мм гача камаёди деб фараз қилинса, тишнинг абсолют тезлиги билан йўналиши ҳамда шпиндел сиртининг фаол қисми деярли ўзгармаслиги аниқланди. Бунга сабаб, машина ишчи тезлиги билан барабан бурчак тезлигининг ўзгармаганлигидир. Лекин, шпиндел марказига нисбатан тишнинг нисбий тезлиги, яъни чанокдан пахта палласини бевосита суғуриб оладиган тезлик 1.5 м/с дан 2.1 м/с гача ўсиши аниқланди. Демак, пахта палласини чанокдан суғуриб олиш тезлиги, жоиз бўлган тезлик миқдоридан ортиб кетиши ҳисобига, суғуриладиган палла узилиб, бир-икки чигит чанокда қолиб кетади. Шу туфайли машинанинг териш даражаси камайиб кетади. Пахта териш машинаси териш даражасини камайишига таъсир қиладиган кўп факторларга қўшимча қилиб ғалтакнинг юмаланиш радиусини ҳам қўшиш мумкин.

Якуний хулоса сифатида шуни айтишимиз мумкинки, шпинделларни бевосита айлантирадиган понасимон тасмаларнинг ейилиши ҳисобига шпиндел ғалтагини юмаланиш радиуси камайиб боради. Натижада, тишнинг чанокдан пахта палласини суғуриб олиш тезлиги жоиз бўлган 1.5 м/с га нисбатан ошиб кетиши туфайли палла узилиб, чанокларда бир-икки чигит қолиб кетиш эҳтимоллиги ортади. Оқибатда машинанинг пахтани териш даражаси камайиб кетади.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Сабликов М. В. Хлопкоуборочные машины. М.: Агропромиздат, 1985.
- [2] Шоумарова М., Абдиллаев Т. Қишлоқ хўжалиги машиналари. Тошкент, Ўқитувчи, 2018.

Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти

26.03.2019
қабул қилинган

М. Шоумарова, Т. Абдиллаев. Влияние радиуса шпиндельного ролика на полноту сбора хлопка – сырца
В статье исследовано влияние изменения диаметра ролика шпинделя на полноту машинного сбора хлопка – сырца при одинаковом агрофоне с помощью специального учебного стенда.

M. Shoumarova, T. Abdillayev. Influence of radius of a shpindelny roller on completeness of collecting cotton-raw.
In article are investigated influence change of diameter of a roller of spindles on completeness of machine collecting cotton-raw at an identical agrobacground with I will hem the educational stand.

Х.С. САГДИЕВ, З.Р. ТЕШАБОВЕВ, А.С. ЮВМИТОВ, В.А. ГАЛИАСКАРОВ,
Х.О. ШЕРНИЁЗОВ, Б.Н. МИРЗАКАБИЛОВ

ОЦЕНКА СООТВЕТСТВИЯ ШКОЛЬНЫХ ЗДАНИЙ НОРМАМ СЕЙСМОСТОЙКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Введение. Для решения поставленных задач в Постановлении Президента Республики Узбекистан №ПП-3190 от 9 августа 2017 г: «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан» в Институте механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз выполняются научные проекты, в том числе научный проект [1]. В пункте «2» №ПП-3190 указано следующее: «Определить: ...; Институт механики и сейсмостойкости сооружений – государственным научно-исследовательским учреждением, ответственным за проведение исследований по проблемам сейсмостойкости сооружений, взаимодействующих с грунтом, оценки и снижения сейсмического риска».

В соответствии с указанным Постановлением в рамках проекта [1] развиваются методики исследования сейсмостойкости зданий с учетом различных видов гасителей колебания сооружений при землетрясениях, применяемых в виде сейсмоизоляции в основании между фундаментом и наземной частью здания, в виде динамических гасителей колебания на покрытии здания и в виде отдельного конструктивного элемента сооружения. В проекте рассматривается отдельной задачей разработка пространственной континуальной модели зданий с учетом конструктивных особенностей, алгоритма и программы расчета напряженно-деформированного состояния их при сейсмических воздействиях.

Для исполнения второй части указанного Постановления по обеспечению сейсмической безопасности населения проводятся научно-технические исследования для оценки сейсмической уязвимости г. Ташкента и г. Андижана на примере зданий школьных и дошкольных учреждений в зависимости от года постройки и сейсмичности строительных площадок. Конечная цель обследования зданий и сооружений состоит в мотивированном заключении о техническом состоянии отдельных конструкций и зданий в целом, их эксплуатационной пригодности, в получении сведений о соответствии действующим нормативным требованиям, в определении отклонения от нормы и в разработке рекомендаций по их дальнейшей надёжной эксплуатации.

Актуальность проблемы. В настоящее время значительная часть эксплуатируемых зданий и сооружений, в том числе здания школьных и дошкольных учреждений, не отвечает требованиям действующих норм и правил строительства в сейсмических районах [1], многие из них находятся на грани исчерпания заложенного в проект ресурса прочности. В связи с этим необходимо провести детальное техническое обследование этих зданий и сооружений, что позволяет получить объективные данные о текущем состоянии строительных конструкций, выявлении степени физического износа, причин, обуславливающих их состояние, фактической работоспособности конструкций и разработать мероприятия по обеспечению их эксплуатационных качеств и пригодности объекта для дальнейшей надёжной эксплуатации. В рамках комплексной экспертной оценки проводится исследование строительных конструкций (оценка дефектов, повреждений, коррозий, определение несущей способности и т.п.) и грунтов основания под объектом.

Для оценки и обеспечения надежности эксплуатируемых зданий и сооружений важным фактором является прогноз ресурса строительных конструкций, срока их службы. В основном они определяют периоды и объемы капитальных ремонтов, необходимости проведения работ по восстановлению элементов и усилению строительных конструкций сооружений. Установленные нормами сроки службы конструкций являются усредненными и расчетными, обусловленными физическим износом материала. Детальное инструментальное изучение состояния, степени деформированности несущих элементов с учётом физического износа и усталости материала конструкций, проведение расчётов на сейсмостойкость с учётом фактического состояния здания и грунтовых оснований даст возможность определить ресурс прочности и оценить реальное техническое состояние сооружений. Следовательно, в зависимости от типа конструкции, степени повреждения, инженерно-геологических условий, сейсмичности площадки и других факторов необходимо

разработать рекомендации по обеспечению сейсмостойкости эксплуатируемых зданий и сооружений с целью уменьшения ущерба при возможных сильных землетрясениях.

Основные задачи исследования. В рамках научного проекта [1] будут проведены работы по предварительному обследованию строительных конструкций зданий школьных и дошкольных учреждений г. Ташкента и Андижана в соответствии с нижеперечисленными этапами, которые заключаются в следующем:

- проведение предварительного обследования и классификация эксплуатируемых школьных зданий в соответствии с требованиями нормативных документов, использованных в период их строительства;
- проведение с помощью оборудования и измерительной аппаратуры инструментальных исследований и определение физического состояния, динамических и прочностных характеристик конструкций зданий;
- разработка базы данных с учетом конструктивных решений, динамических параметров объектов и прочностных характеристик элементов строительных конструкций, сейсмических свойств грунтовых оснований;
- с использованием результатов инструментальных данных проведение проверочных расчетов на сейсмостойкость зданий с учётом конструктивных решений, года постройки и грунтовых условий;
- на основе обобщения полученных результатов обмерно-обследовательских и инструментально-расчетных исследований определение ресурсов объектов и разработка общих рекомендаций для оценки сейсмического риска и уменьшения ущерба при воздействии возможных сильных землетрясений.

Результаты исследований. На первом этапе запланированных исследований была собрана общая информация о зданиях общеобразовательных школ по районам г. Ташкента и г. Андижана [1] и проведен предварительный анализ зданий школ в соответствии с нормативными документами, действовавшими в период их строительства [2 – 7]. Из приведенных информации (табл. 1) видно, что до настоящего времени эксплуатируются здания школ, полностью не отвечающие требованиям сейсмостойкого строительства, т.е. построенные без антисейсмических мероприятий (АСМ). Определенная часть зданий школ построена по требованиям проектирования в сейсмических районах на один балл ниже, чем по действующей карте общего сейсмического районирования территорий. Значительная часть, особенно в г. Андижане, состоит из зданий с разными конструктивными решениями, построенных по различным требованиям нормативных документов в зависимости от года постройки. Здания школ примерно до 1970 г., в основном, построены из жженого кирпича с продольными, поперечными или смешанного типа несущими стенами. В несущих конструкциях школьных зданий, построенных после 1970 г., преобладают железобетонные элементы, являющиеся более сейсмостойкими по сравнению с кирпичными несущими стенами.

Таблица 1

Сравнительные данные о школах

Количество школ	Без АСМ	ПСП 101-51 [2]	СН-8-57 [3]	СНиП II-A.12-62 [4]	СНиП II-A.12-69 [5]	СНиП II-7-81 [6]	КМК 2.01.03-96 [7]
г. Андижан – 49	6	1	6	6	14	11	5
г. Ташкент – 288	14	8	22	70	83	80	11

По полученным предварительным данным сделаны следующие общие выводы:

- определены соответствия зданий школ строительным нормам и правилам по сейсмостойкому строительству, действовавших в период их строительства;
- до настоящего времени эксплуатируются школьные здания, построенные без антисейсмических мероприятий в конце XIX в. и в первой половине XX в. с использованием местных строительных материалов;
- школьные здания имеют различные конструктивные решения в зависимости от их периода строительства в соответствии со строительными нормами и правилами тех времен;

- в отдельных школах имеются корпуса (блоки) с различными объемно-планировочными и конструктивными решениями, построенные в разные годы с разницей в несколько десятилетий.

Как видно из приведенных данных в табл. 1, построенные здания школ без антисейсмических мероприятий по г. Андижан и г. Ташкент примерно составляют 12 и 5 % соответственно от общего их количества. Более 50 % зданий школ этих городов построены в соответствии с требованиями нормативных документов [5] и [6], на базе которых были разработаны ныне действующие нормы и правила [7].

На основе анализа результатов обобщения собранных материалов школьные здания предварительно разделены на следующие группы:

1. Школьные здания, построенные без антисейсмических мероприятий из местных строительных материалов и не отвечающие по объемно-планировочным и конструктивным решениям требованиям нормативных документов по сейсмостойкому строительству.

2. Школьные здания, построенные в соответствии с требованиями старых строительных норм и правил, действовавших в их период строительства и не полностью отвечающие по объемно-планировочным и конструктивным решениям требованиям действующих нормативных документов по сейсмостойкому строительству.

3. Школьные здания, построенные в соответствии с требованиями норм проектирования зданий и сооружений в сейсмических районах, требующие проведения детального обследования с последующим проверочным расчетом на сейсмостойкость.

В приведенной выше последовательности строительства зданий школ для оценки их сейсмостойкости следует учесть деформированность, повреждения, физический износ элементов конструкций и грунтовые условия с целью установления очередности проведения детального технического обследования и конструктивного усиления школьных зданий по регионам.

Выборочно проведены предварительные обследования зданий школ г. Ташкента и г. Андижана [1], построенные в соответствии со старыми строительными нормами [2 – 6] и без антисейсмических мероприятий. Изучены имеющиеся проектно-технические документации, проведена фотофиксация повреждений в строительных конструкциях, определены объемно-планировочные и конструктивные решения зданий школ. Проведены обследования здания школ № 50, № 142, № 54, № 187, № 223 и № 256 в г. Ташкенте и здания школ № 12, № 14, № 40, № 43 и № 44 в г. Андижане, расположенные на территориях с различной сейсмичностью строительных площадок.

Проведена оценка общего технического состояния строительных конструкций зданий выбранных школ [1] с учетом деформированности, повреждений и физического износа строительных конструкций и соответствия их требованиям действующих нормативных документов по сейсмостойкому строительству. Сравнением предельных и фактических параметров конструктивных систем установлено, что здания школ не соответствуют нормам сейсмостойкого строительства по многим пунктам [7]. При анализе конструкции отдельных зданий установлено, что отсутствуют средние продольные и (или) поперечные стены, устроены поперечные стены нерегулярными шагами, имеются здания с деревянными перекрытиями, что в высокосейсмических районах не допускается, так как они не обеспечивают пространственную жесткость конструкций здания, и т.п. В некоторых зданиях конструкция антисейсмических швов не соответствует требованиям норм КМК 2.01.03-96 п. 3.1.3: «При сейсмичности площадки 8 баллов и выше не допускается совмещать антисейсмические швы с компенсацией перемещений, за счет зазора свободно лежащей пролетной конструкции, опирающейся на несущие конструкции смежных отсеков».

Проведены инструментальные исследования по определению динамических характеристик зданий выбранных школ и физико-механических свойств грунта их строительных площадок. При измерениях использована мобильная инженерная станция, разработанная в рамках научного проекта [8]. С помощью мобильной инженерной станции проводились серии инструментальных измерений микросейсмических колебаний зданий на основе цифровой регистрации «сейсмометр + усилитель + АЦП + ПК + ПО». Для записи сигналов сейсмометров СМ-3 и их просмотра на ноутбуке использовался язык программирования Processing 2.1, производный от языка программирования JAVA. Для регистрации сигналов сейсмометров создана программа, позволяющая проводить запись одновременно по нескольким каналам и просмотра записанной информации в графическом виде. Имеется также возможность для детального анализа сигналов сейсмометров в редакторе Excel.

Как правило, школьные здания состоят из учебных блоков (корпусов), спортивных и актов-вых залов, из блоков столовой и кабинета труда, и др. Блоки могут быть одноэтажными и много-этажными в зависимости от конструктивных решений и года постройки. Инструментальные изме-рения по определению динамических характеристик зданий проведены, в основном, в учебных блоках, имеющих различную этажность, с целью сопоставления полученных значений. По резуль-татам обработки и анализа измерений микросейсмических колебаний зданий выбранных школ г. Ташкента и г. Андижана из полученных инструментальных данных определены периоды и коэффициенты затухания собственных колебаний блоков в поперечном и продольном направле-ниях [1].

В табл. 2 приведены значения динамических характеристик колебания блоков в зависимо-сти от количества этажей зданий школ г. Ташкента. Из приведенных данных видно, что периоды и коэффициенты затухания свободных колебаний блоков увеличиваются с повышением этажности зданий и это изменение происходит по-разному в зависимости от их объемно-планировочных и конструктивных решений. Например, четырехэтажное кирпичное здание (здания школы № 50) имеет примерно одинаковые динамические характеристики с трехэтажным каркасным зданием (здания школы №256) (табл. 2).

Как известно, для определения упругих свойств грунта расчетным путем [9] необходимо найти скорости распространения продольных и поперечных волн в грунте, а также естественную плотность грунта. Скорости распространения волн в грунте и естественная плотность грунта оп-ределяются инструментальными методами в натурных и лабораторных условиях.

При инструментальных исследованиях по определению скорости распространения про-дольных и поперечных волн в грунте, в натурных условиях вдоль поверхности строительной пло-щадки школьных зданий на определенном расстоянии друг от друга были расставлены три сейс-мометра СМ-3, которые имеют идентичные характеристики. На некотором расстоянии от первой измерительной точки создано возмущение – удар кувалдой в грунт, в результате которого в грун-товой среде распространяются волны.

Таблица 2

Динамические характеристики зданий

	№ школы													
	50		54		142			187		223		256		
Динами-ческая характе-ристика	4-этаж-ная	2-этаж-ная	3-этаж-ная	2-этаж-ная	3-этаж-ная	3-этаж-ная	2-этаж-ная	4-этаж-ная	1-этаж-ная	2-этаж-ная	2-этаж-ная	3-этаж-ная	3-этаж-ная	3-этаж-ная
$T_{пол}, c$	0.32	0.24	0.2	0.13	0.24	0.23	0.19	0.29	0.14	0.21	0.23	0.32	0.30	0.32
$\delta_{пол}$	0.78	0.68	0.75	0.8	0.75	0.72	0.67	0.77	0.68	0.88	0.9	0.76	0.73	0.78
$T_{про}, c$	0.27	0.23	0.17	0.11	0.21	0.22	0.20	0.26	0.14	0.21	0.22	0.32	0.32	0.30
$\delta_{про}$	0.74	0.6	0.76	0.75	0.7	0.7	0.68	0.8	0.65	0.9	0.92	0.78	0.74	0.73

Сейсмические приборы, установленные на измерительных точках, фиксируют по очереди время вступлений t_{1p}, t_{2p}, t_{3p} и t_{1s}, t_{2s}, t_{3s} соответственно фронтам продольных и поперечных волн вдоль площадки. С помощью записей, произведенных мобильной инженерной станцией, из разли-цы моментов вступления волн по пунктам наблюдений $\Delta t = \Delta t_{i+1} - \Delta t_i$ с учетом расстояний между ними вычисляются скорости распространения продольных и поперечных волн по строительной площадке, которые позволяют вычислить другие характеристики грунта.

По значениям разницы во времени вступления волны по измерительным точкам определя-ли скорости распространения продольных и поперечных волн по следующим формулам:

$$C_p = L / \Delta t_p, C_s = L / \Delta t_s, \quad (1)$$

где C_p и C_s – скорость продольных и поперечных волн; L – расстояния между пунктами наблюде-ний; Δt_p и Δt_s – время вступления продольных и поперечных волн. По результатам измерений оп-ределены скорости распространения продольных и поперечных волн в грунте, декремент затухания (α) и резонансная частота (ω_0) колебания грунта (табл. 3).

Упругие свойства грунта строительных площадок школ

№ школы	C_p , м/с	C_s , м/с	ω_0 , Гц	α	μ	E_s , кг/см ²	σ_{cd} , кг/см ²	K , кг/см ²	λ , кг/см ²	G_s , кг/см ³ ·с
Школы г. Ташкента										
54	481	185	11	-0.26	0.41	814	576	3127	2743	8.1
187	342	100	8.0	-0.38	0.45	245	168	1745	1632	5.8
223	400	150	10	-0.33	0.42	537	379	2189	1936	6.7
256	240	80	7.3	-0.40	0.44	155	108	826	754	4.0
Школы г. Андижана										
12	185	86	7.7	-0.48	0.36	170	165	410	327	3.1
14	200	90	8.0	-0.38	0.37	187	136	492	401	3.4
40	218	104	7.0	-0.36	0.35	246	182	557	436	3.7
43	175	93	5.3	-0.36	0.30	190	146	321	224	3.0
44	160	85	5.0	-0.40	0.3	159	122	269	188	2.7

Используя полученные инструментальные данные, по приведенным формулам в [9] вычислили другие физико-механические свойства грунта:

$$\begin{aligned} \mu &= (C_p^2 - 2C_s^2) / 2(C_p^2 - C_s^2), \quad E_s = \gamma C_s^2 (3C_p^2 - 4C_s^2) / 2g (C_p^2 - C_s^2), \\ \sigma_{cd} &= C_s^2 \gamma / g, \quad K = (C_p^2 - 4/3C_s^2) \gamma / g, \quad \lambda = (C_p^2 - 2C_s^2) \gamma / g, \quad G_s = C_p \gamma / g. \end{aligned} \quad (2)$$

В формулах (1) и (2) g – ускорение силы тяжести, м/с²; γ – объемный вес грунта; μ – коэффициент Пуассона; E_s – модуль деформации; σ_{cd} – модуль сдвига; K – модуль объемного сжатия; λ – константа Ламе; G_s – акустическая жесткость.

Результаты инструментально измеренных и расчетных данных приведены в табл. 3. Как установлено, грунтовые условия г. Ташкента и г. Андижана существенно отличаются и в зависимости от упругих свойств грунта преобладающие частоты колебания находятся в пределах от 5 до 11 Гц.

Закключение. На основе проведенных исследований можно рекомендовать следующее.

Для зданий школ, не отвечающих по объемно-планировочным и конструктивным требованиям требованиям нормативных документов по сейсмостойкому строительству, рекомендуется проводить дополнительные исследования и определить дальнейшее их назначение.

Для надежной дальнейшей эксплуатации зданий школ, не полностью отвечающих по объемно-планировочным и конструктивным требованиям требованиям нормативных документов по сейсмостойкому строительству, рекомендуется на основе детального инструментального обследования произвести усиление несущих конструкций.

Для продления срока службы и надежной дальнейшей эксплуатации зданий школ рекомендуется проведение детального обследования, определение прочности несущих конструкций инструментальными методами и проверочным расчетом на сейсмические нагрузки с учетом их деформированности и физического износа элементов конструкции и на основе этих результатов разработать рекомендации по применению конструктивных мероприятий.

Реализация предлагаемых рекомендаций поэтапного конструктивного усиления эксплуатируемых школьных зданий обеспечит безопасность учащихся, существенно уменьшит сейсмический риск и ущерб при возможных сильных землетрясениях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Отчет о научно-исследовательской работе: ФА-Атех-2018-(23+65) «Оценка сейсмостойкости зданий школьных и дошкольных учреждений, построенных в соответствии с требованиями действовавших нормативных документов в период их строительства и разработка методов расчета сейсмостойкости с учетом их пространственных моделей и комплексной сейсмозащиты». Ташкент: ИМиСС АН РУз, 2018. – 342 с.
- [2] ПСП 101-51. Положение по строительству в сейсмических районах. М.: Госстройиздат, 1951. Введен 01.11.1951 г.
- [3] СН-8-57. Нормы и правила строительства в сейсмических районах. М.: Госстройиздат, 1957. Введен 01.11.1957 г.
- [4] СНиП II-A.12-62. Строительство в сейсмических районах. М.: Госстройиздат, 1963. Введен 01.03.1963 г.

- [5] СНиП II-A.12-69. Строительство в сейсмических районах. Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1970. Введен 01.07.1970 г.
- [6] СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. Госстрой СССР. М.: Стройиздат, 1982. Введен 01.01.1982 г.
- [7] КМК 2.01.03-96. Строительство в сейсмических районах. Госкомархитектстрой РУз. Ташкент, 1996. Введен 01.03.1996 г.
- [8] Отчет о научно-исследовательской работе по теме: «Совершенствование методики экспериментальных исследований сейсмостойкости сооружений путем модернизации лабораторно-экспериментального оборудования и определение закономерностей деформирования конструкции при действии статических и динамических нагрузок» (промежуточный, шифр: ФА-А14-Ф021). Ташкент: ИСС АН РУз, 2016. – 210 с.
- [9] Красников Н.Д. Динамические свойства грунтов и методы их определения. Л.: Стройиздат, 1970.

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

Дата поступления
29.03.2019

Х.С. Сагдиев, З.Р. Тешабоев, А.С. Ювмитов, В.А. Галиаскаров, Х.О. Шерниёзов, Б.Н. Мирзакобилов. Мактаб биноларини зизиладардош қурилиш меъёрий талабларига мослигини баҳолаш

Мактаб биноларини қурилган йили ва жойлашган майдонларининг сейсмиклигини ҳисобга олган ҳолда амалдаги зизиладардош қурилиш меъёрий қоидалари талабларига мослигини баҳолаш натижалари келтирилган.

H.S. Sagdiev, Z.R. Teshaboev, A.S. Yuvmitov, V.A. Galiaskarov, Kh.O. Sherniezov, B.N. Mirzakabilov. Assessment of compliance of school buildings with the norms of seismic resistant construction

The article presents the results of assessing the compliance of school buildings with current regulatory requirements for seismic resistant construction, taking into account the year of construction and the seismicity of the construction site.

УДК 691.33

А.И. АДЛХОДЖАЕВ, С.С. ШАУМАРОВ, У.З. ШЕРМУХАМЕДОВ

О ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВАХ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

Приоритетной задачей энергетической стратегии Узбекистана является повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и вывод экономики страны на энерго-сберегающий путь развития. Наиболее эффективный путь экономии топливно-энергетических ресурсов в капитальном строительстве – снижение тепловых потерь через ограждающие конструкции зданий за счёт повышения уровня их тепловой защиты [1, 2].

Повышение термического сопротивления оболочки здания может достигаться двумя основными способами: использованием строительных систем, включающих функциональные слои различного назначения, и использованием эффективных теплоизоляционно-конструктивных материалов [3 – 6].

Первый способ нашёл применение в штукатурных фасадах с утеплителем, вентилируемых фасадах, слоистой кладке. При этом, как показывает практика, этот способ предполагает высокую культуру комплектации материалами, монтажа строительных систем и эксплуатации конструкций, что не всегда может быть обеспечено при массовом строительстве [7 – 9].

В связи с этим наблюдается повышение интереса к конструкционно-теплоизоляционным материалам, позволяющим улучшить энергоэффективность зданий без применения дополнительных теплоизоляционных элементов. К подобным материалам, в первую очередь, относят ячеистый бетон. Однако высокое сорбционное увлажнение и существенное ухудшение теплоизоляционных свойств в увлажнённом состоянии являются его слабыми местами. Указанные проблемы в связи с климатическими изменениями приобрели особую остроту [10 – 12].

Решение обозначенных проблем достигается путём определения теплофизических показателей теплоизоляционно-конструктивных материалов с учётом их структуры.

В соответствии с методологией формирования фрактальных объектов был выполнен численный эксперимент, направленный на определение фрактальной размерности структуры ячеистых бетонов с целью выяснения связи последней с его пористой структурой. Для этого на первом шаге была построена физическая модель ячеистого бетона (рис. 1) с гексагональной (рис. 1, а, б), кубической и ромбической упаковками (рис. 1, в).

Данная физическая модель предполагает формирование пространственного каркаса в результате последовательного заполнения объема порами заданного размера [1, 7]. При этом предельно плотная укладка пор достигается за счет самопроизвольной пространственной перестройки решетки и ее уплотнения при ступенчатом повышении общей пористости. Капиллярные и воздухововлеченные поры образуют заданную (гексагональную, кубическую или ромбическую) решетку межпорового материала.

Математическая модель представленной выше физической организации пористой структуры ячеистого бетона строилась на основании заданных законов распределения плотности вероятности пор по их радиусам сечений для всех вышеперечисленных (см. рис. 1) типов упаковки так, чтобы пористость решетки при толщине перегородок 20 – 60 мкм изменялась в диапазоне от 10 до 90 %. Далее для определения фрактальной размерности пористой поверхности и дальнейшего нахождения связи фрактальной размерности с пористостью ячеистого бетона были проведены экспериментальные исследования, основанные на анализе изображений образца ячеистого бетона, полученного с помощью оптического микроскопа «Neophot-21».

Проведенные экспериментальные исследования выявили, что геометрия формирования структуры образца в целом носит анизотропный характер, определяемый ориентацией макро-структуры в преимущественном направлении. При этом с увеличением уровня квантования указанная особенность макроструктуры проявляется в большей степени. Отмеченное поясняет рис. 2, где показано увеличенное изображение бинарного уровня с преимущественным направлением сформированной макроструктуры в целом (направление указано стрелкой).

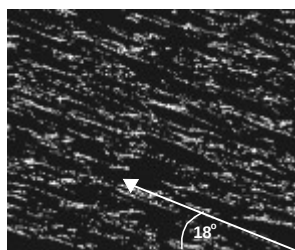


Рис. 2. Анизотропный характер сформированной макроструктуры ячеистого бетона (для данного образца, полученного по определенной технологии, основное направление сформированной макроструктуры составляет с горизонтальной линией 18°)

Согласно [13], прочностные качества материала, при прочих равных факторах, определяются степенью изотропных свойств структуры материала относительно приложенной к нему нагрузки. В нашем случае при тех же прочих равных факторах анизотропия макроструктуры уменьшает среднюю прочность ячеистого бетона в случае направленного действия волны нагрузки. Рассмотрим особенности напряженного состояния, возникающего в образце на некоторой наклонной площадке, составляющей угол α с плоскостью нормального сечения.

Обозначим через $\vec{P} = \lim_{\Delta F \rightarrow 0} (\Delta \vec{R} / \Delta F)$ полное напряжение в окрестности некоторой точки выделенной области образца ($\Delta \vec{R}$ – внутренняя сила сцепления; ΔF – элемент площади), возникающее в результате приложенной внешней нагрузки; σ – нормальное напряжение – проекция вектора $\vec{P}$ на нормаль к площадке ΔF .

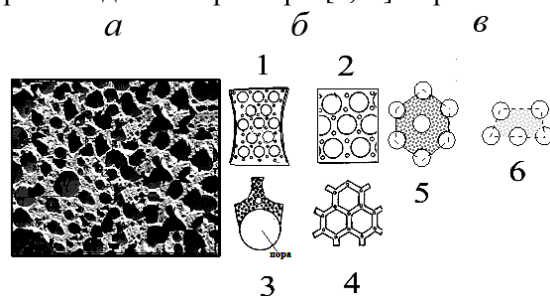


Рис. 1. Физическая модель пористой структуры ячеистого бетона: а – фотография ячеистого бетона гексагональной упаковки с бинарной решеткой 1-го порядка; б – схематический рисунок гексагональной упаковки с бинарной решеткой 2-го порядка (1, 2), пространственной решеткой ячеистого бетона со сферическими порами (3) и при трансформации пор в многогранные (4); в – схематический рисунок кубической (5) и ромбической (6) упаковок

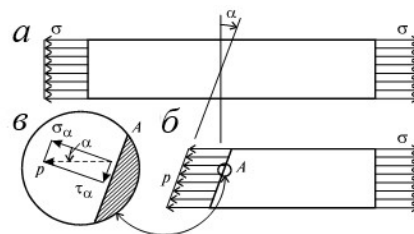


Рис. 3. Напряжения в наклонной площадке образца, находящейся под углом α к плоскости нормального сечения

Из условия равновесия образца, записанного для отсеченной части стержня (см. рис. 3, б), выражение для напряжения $\vec{P}$ запишется в виде

$$\vec{P} \cdot F_{\alpha} = \sigma F,$$

где F – площадь поперечного сечения стержня $F_{\alpha} = F/\cos \alpha$ – площадь наклонного сечения.

Отсюда

$$\vec{P} = \sigma \cos \alpha.$$

Раскладывая напряжение $\vec{P}$ по нормали и касательной к наклонной площадке (см. рис. 3, в), получим

$$\sigma_{\alpha} = p \cos \alpha = \sigma \cos^2 \alpha; \quad \tau_{\alpha} = p \sin \alpha = \frac{1}{2} \sigma \sin 2\alpha.$$

Полученные выражения показывают, что для одной и той же точки тела величины напряжений, возникающих в сечениях, проходящих через эту точку, зависят от ориентации этой площадки, т.е. от угла α . В нашем случае $\alpha = 18^{\circ}$, тогда, как нетрудно видеть, прочность нашего образца в направлении сформированной макроструктуры уменьшится в ≈ 0.1 раза.

При наличии линейной зависимости между напряжениями и деформациями (закон Гука) в качестве коэффициента пропорциональности выступает модуль упругости (модуль Юнга) $E = \sigma/\epsilon$ (ϵ – относительное удлинение), который вместе с величиной модуля сдвига $G = \tau/\alpha$, коэффициентом Пуассона $\nu = |\epsilon'|/\epsilon$ (ϵ' – абсолютное значение относительного поперечного сжатия) и объемным модулем сжатия $K = \sigma/\Delta$ (Δ – относительное объемное сжатие) определяют, в общем, прочностные характеристики материала

В случае изотропной структуры соответствующие модули упругости одинаковы по всем направлениям. При этом они связаны друг с другом соотношениями [14]

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}; \quad K = \frac{E}{3(1-2\nu)}.$$

Следовательно, только два из них являются независимыми величинами, и упругие свойства изотропного материала определяются двумя упругими постоянными параметрами.

В случае же анизотропного материала параметры E , G и ν принимают различные значения в разных направлениях и величины их могут изменяться в широких пределах.

Таким образом, прочностные свойства материалов, в зависимости от их степени анизотропии, достаточно хорошо изучены применительно к материалам волокнистой структуры. Получено, что для таких материалов с характерной анизотропностью имеет место резкое различие прочности, теплопроводности и других свойств вдоль и поперек волокон.

В нашем случае граница материал – поры, имеющая преимущественную ориентацию (анизотропия структуры), является слабым звеном в прочностных свойствах ячеистого бетона, как строительного материала, независимо от его средних прочностных номиналов, наделенных ГОСТами [15]. Установлено, что анизотропия макроструктуры ячеистых бетонов уменьшает среднюю прочность ячеистого бетона в зависимости от угла наклона вектора преимущественной организации структуры к горизонтальной оси.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Адилходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Шаумаров С.С. Теоретические аспекты структурно-имитационного моделирования макроструктуры композиционных строительных материалов // Журнал «Научно-технический вестник Брянского государственного университета». 2018. № 3. С. 312 – 320.
- [2] Адилходжаев А.И., Шаумаров С.С. К исследованию вопроса повышения энергоэффективности зданий на железнодорожном транспорте // Журнал «Современные проблемы транспортного комплекса России». 2018. Т. 8. № 1. С. 4 – 11.
- [3] Шаумаров С.С. Моделирование процесса формирования температурного поля наружного ограждения зданий на железнодорожном транспорте // Журнал «Научно-технический вестник Брянского государственного университета». 2018. № 3. С. 338 – 346.
- [4] Шаумаров С.С. О методе оценки теплозащитных свойств наружных стен эксплуатируемых зданий на железнодорожном транспорте // Научный журнал «Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона». 2018. №2(15). С.18–25.

- [5] Шаумаров С.С. Информационно-техническая диагностика технического состояния эксплуатируемых зданий // II Международная научно-практическая конференция «Экономика и право: становление, развитие, трансформация». Ростов. 2017. С. 204 – 208.
- [6] Adilhodjaev A.I., Soy V.M. Role of the acid- base nature of interphase interactions in structurization of composite construction materials // Journal «European Science Review». Austria. 2016. №1 – 2. P. 163 – 165.
- [7] Adylhodzayev A.I., Shaumarov S.S. The issue of thermal renovation of infrastructure of railway transport is evaluated // X International Scientific Conference “Transport Problems - 2018”/ Wisla, Katowice. Poland. P. 13 – 18.
- [8] Adilhodzhaev 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. Issue 1. 2019. P. 71 – 77.
- [9] Shaumarov S.S. On the issue of increasing energetic efficiency of buildings in railway transport // VIII International Conference “Transport Problems - 2016”. Katowice, Poland. P. 522 – 532.
- [10] Lecompte T., Bideau P. Le, Glouannec P., Nortershauser D., Masson S. Le. Mechanical and thermo-physical behavior of concretes and mortars containing phase change material // Journal «Energy and Buildings». Vol. 94. 2015. P. 52 – 60.
- [11] Cristina Baglivo, Paolo Maria Congedo. Design method of high performance precast external walls for warm climate by multi-objective optimization analysis// Journal «Energy», Vol. 90. Part 2. 2015. P. 1645 – 1661.
- [12] Wouter Van De Walle, Steven Claes Hans Janssen. Implementation and validation of a 3D image-based prediction model for the thermal conductivity of cellular and granular porous building blocks // Journal «Construction and Building Materials. Vol. 182. 2018. P. 427 – 440.
- [13] Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. Учебн. для вузов. Изд. 10-е, перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 1999. – 592 с.
- [14] Шарая О.А., Куликов В.Ю., Шарый В.И. Механические свойства материалов. Караганда: КарГТУ, 2004. – 210 с.
- [15] Бетоны. Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона. ГОСТ 24452-80. М.: Госстрой, 2006.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Дата поступления
08.02.2019

А.И. Адилходжаев, С.С. Шаумаров, У.З. Шермухамедов. Энергиятежамкор фуқаро биноларининг конструкцияларини иссиқлик ҳимоя материалларини мустаҳкамлик хоссалари

Энергиясамарали фуқаро бинолари ташиқи тўсиқ конструкцияларини иссиқлик ҳимоя ва конструктив талабларга жавоб берадиган қурилиш материалларини яратиши бўйича янги услубий ёндошушни ишлаб чиқиш масалари қўриб чиқилган. Ўтказилган ҳисобий тадқиқотлар натижасида енгил бетоннинг фрактал ўлчами ва унинг говаклиги орасидаги боғланишининг ўзига хос хусусиятлари тадқиқ этилган.

A.I. Adilhodjaev, S.S. Shaumarov, U.Z. Shermuhamedov. About the strength properties of structural insulation materials for energy-efficient civilian buildings

The question of the development of a new methodological approach to the creation of a heat-insulating constructional building material for external enclosing structures of energy-efficient civilian buildings is considered. Numerical experiments were carried out aimed at identifying features of the connection of the fractal structure, as a function of the type of laying, cellular concrete with its porosity, and therefore with the strength and heat engineering properties.

УДК 621.01, 66.047.37:66.021.3

Б.А. КУШИМОВ, К.А. КАРИМОВ, А.Х. АХМЕДОВ

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕССА СУШКИ С ПОМОЩЬЮ ВНЕШНИХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ (ЧАСТЬ 1)

Тепломассообмен происходит во многих технологических машинах, использующих в своей работе жидкие или газообразные среды. Процесс тепломассообмена не может быть сведён к простой сумме теплопередачи и перемещения массы. Это обуславливается тем, что в технологических машинах течение жидкостей или газов сопровождается неравномерным распределением температуры и давления. В зависимости от конкретных условий процессы тепломассообмена протекают по-разному. Они имеют различные закономерности развития и описываются дифференциальными уравнениями (возможно, и с частными производными). После обоснования и разработки динамической модели технологической машины составляется адекватная математическая модель, которая решается аналитическими или приближенными численными методами. Для решения нелинейных дифференциальных уравнений эффективным является использование современных программных продуктов ЭВМ *Maple 9.5* и *MathCAD 15*.

Сушка – это процесс, в котором свободная жидкость удаляется из твердого вещества посредством испарения. В настоящее время существует большое количество различных технологий сушки: естественная, аэрационная, конвективная, сублимационная, инфракрасная сушка, микро-волновая и т.д. [1 – 10]. Следует отметить, что возможность и необходимость комбинирования данных технологий для достижения максимальной эффективности процесса рассматривается как актуальная проблема во многих научных работах [1 – 3, 9 – 10]. Существует большое количество экспериментальных исследований по сушке. Однако экспериментальные исследования тепломассообмена и сушки не дают возможности полностью изучить все процессы, происходящие в технологических машинах при вариации основных кинематических и динамических параметров. Решение этого вопроса является весьма простым – разработка динамической и математической модели, которые дают возможность более полного проведения исследований по анализу и синтезу исполнительных органов технологических машин.

Разработка новых теоретических методов расчета, дальнейшее совершенствование и разработка новых конструкций сушильных установок для сушки сорбентов, сельхозпродуктов или дисперсных материалов являются актуальной проблемой исследований по общей теории машин, аппаратов, агрегатов и установок машиностроения [1 – 10]. Полученные научные результаты по итогам теоретических исследований должны быть основой для нахождения путей инновационного прорыва. Кроме того, технико-экономические показатели современных сушильных установок далеки от совершенства. Поэтому в проводимых исследованиях авторов статьи основное внимание уделяется вопросам корректного составления математических моделей технологических процессов и на этой основе разработки высокоэффективных способов сушки, проектирования и внедрения сушильных установок. Использование внешних физических полей (поверхностный нагрев) при сушке позволяет сохранить качество высушиваемых материалов и получить более высокие технико-экономические показатели процесса. Посредством внешних физических полей, в частности, магнитных, акустических, электрических, а также реологических жидкостей представляется возможным управлять, контролировать и регулировать параметры механических систем в широких пределах.

В работах авторов [9 – 10] были получены аналитические решения уравнения, составленного А.В. Лыковым [1], которое описывает процесс тепломассообмена для сушки в следующей линейной форме

$$\begin{cases} C_s T_t - \varepsilon W_t = \lambda T_{xx} + Q \\ (1 - \varepsilon) W_t = D W_{xx} + D_T T_{xx} \end{cases} \quad (1)$$

Допустим, граничные условия такие, что с верхней поверхности происходят испарение и нагрев за счет облучения тепловыми лучами. С нижней поверхности этого плоского слоя обмен энергии и сушки не происходит. Законы поглощения тепловых лучей позволяют написать закон термоприема, связанный с нагревом, за счет этих электромагнитных волн.

Поскольку глубина проникания мала по сравнению с общей толщиной l , т.е. намного меньше, чем толщина обезвоживаемого материала, где имеется закон поглощения Ламберга, то закон рассеяния в неоднородностях тепловых лучей принимает вид

$$Q = Q_0 e^{-(\alpha + \mu)(1-x)}, \quad (2)$$

где α – коэффициент поглощения; μ – коэффициент рассеяния в микронеоднородностях среды.

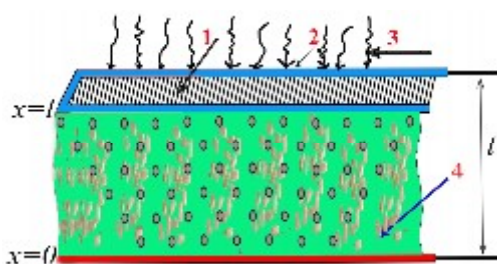


Схема облучения с помощью тепловых волн плоского слоя:

- 1 – верхняя поверхность среды, слой нагрева; 2 – среда
- поверхности слоя нагрева; 3 – тепловые волны;
- 4 – обезвоживаемая среда с толщиной l

На рисунке представлена расчётная схема облучения с помощью тепловых волн плоского слоя. Тепловая энергия в виде инфракрасных лучей поступает на поверхность высушиваемой среды и проникает на определенную глубину в зависимости от характеристик источника излучения, а также от свойств материала. Далее происходят тепловые процессы нагрева и интенсивная сушка обрабатываемого материала.

На рисунке $x=0$ соответствует пластинке, где находится обезвоживаемая среда,

для данной задачи – это поверхность, где отсутствуют облучение и испарение.

Для решения этой системы уравнений были учтены следующие граничные условия:

$$\begin{cases} T_x(0) = 0 & \text{при } x = 0 \\ W_x(0) = 0 & \text{при } x = 0 \\ kT_x(l) = q_1T(l) + q_2W(l) & \text{при } x = l \\ \sigma W_x(l) = g_1W(l) + g_2T(l) & \text{при } x = l \end{cases} \quad (3)$$

Начальные (при $t=0$) условия задачи:

$$T(0, x) = T_0, \quad W(0, x) = W_0,$$

где T_0 и W_0 – константы.

Обычно авторы для решения системы второе уравнение системы рассматривают, отбрасывая последний член $D_T T_{xx}$. Это физически означает, что можно пренебречь изменением градиента влаги и его влиянием на температуру.

Из практики известно, что влага всегда движется с точки нагрева к более холодным точкам [2 – 3]. Поэтому этим членом не пренебрегаем, и ищем аналогичное решение.

Прямое исключение одного из переменных $T=T(t, x)$ или $W=W(t, x)$ позволяет получить уравнение с четырьмя производными, что усложняет решение.

Исходя из вышеуказанного, решение ищем с помощью новых динамических переменных. Прежде чем приступить к решению, кратко покажем, что означают коэффициенты в системе уравнений (1): ε – критерий фазового превращения жидкости в пар; C_s – теплоемкость среды; λ – локальный коэффициент теплопроводности; D , D_T – коэффициенты, характеризующие пористость тела, определяемые эмпирически; Q_0 – энергия, падающая на поверхность единичной площади в виде тепловых лучей.

В работе [9] с помощью метода разделения переменных было получено решение однородного уравнения (1), т.е. при $Q=0$ с граничными условиями (2) при учете внутреннего и граничного взаимодействия влажности и температуры в следующем виде:

$$\begin{cases} T = \sum [U_\gamma(x) + \alpha V_\gamma(x)] \cdot T_0 e^{-a_\gamma^2 t}, \\ W = \sum [\beta U_\gamma(x) + \mu V_\gamma(x)] \cdot W_0 e^{-a_\gamma^2 t}, \\ \gamma = \gamma_n, \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \end{cases} \quad (4)$$

Решение системы уравнений (1) для следующего стационарного режима

$$\begin{cases} \lambda T_{xx} = -Q_0 e^{-(\mu+\alpha)(l-x)}, \\ DW_{xx} + D_T T_{xx} = 0. \end{cases} \quad (5)$$

После некоторых аналитических преобразований уравнение (5) приводится к следующим двум уравнениям:

$$\begin{cases} q_1 c_2 + q_2 c_4 = S_1 + S_2 + S_3 \\ -g_2 c_2 + g_1 c_4 = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3, \end{cases} \quad (6)$$

где

$$\begin{cases} S_1 = -k \frac{Q_0}{\lambda \eta}, & \xi_1 = \sigma \frac{Q_0}{\lambda \eta} \frac{D_T}{D}, \\ S_2 = q_1 \frac{Q_0}{\lambda \eta^2}, & \xi_2 = -g_2 \frac{Q_0}{\lambda \eta^2}, \\ S_3 = -q_2 \frac{Q_0}{\lambda \eta^2} \frac{D_T}{D}, & \xi_3 = -g_1 \frac{Q_0}{\lambda \eta^2} \frac{D_T}{D}. \end{cases} \quad (7)$$

Решение системы уравнений (6) имеет следующий вид [10]:

$$c_2 = \frac{\begin{vmatrix} S_1 + S_2 + S_3 & q_2 \\ \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 & g_1 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} q_1 & q_2 \\ -g_2 & g_1 \end{vmatrix}} = \frac{g_1(S_1 + S_2 + S_3) - q_2(\xi_1 + \xi_2 + \xi_3)}{q_1 g_1 + q_2 g_2}.$$

Аналогично

$$c_4 = \frac{q_1(\xi_1 + \xi_2 + \xi_3) + g_2(S_1 + S_2 + S_3)}{q_1 g_1 + q_2 g_2}. \quad (8)$$

Таким образом, определены неизвестные постоянные интегрирования c_2, c_4 , которые зависят от $(l, \eta, Q_0, \lambda, k, \sigma, q_1, q_2, g_1, g_2)$.

Теперь перейдем к аналитическим исследованиям по определению неоднородного решения уравнения (1), т.е. при тепловом облучении верхней поверхности обезвоживаемой среды.

$$\begin{cases} T = \sum T_{0\gamma} X_{\gamma 0} \left[1 + \alpha \frac{Z_{\gamma 0}}{X_{\gamma 0}} \right] e^{-a_\gamma^2 t} \cos a_\gamma x, \\ W = \sum W_{0\gamma} X_{\gamma 0} \left[\beta + \mu \frac{Z_{\gamma 0}}{X_{\gamma 0}} \right] e^{-a_\gamma^2 t} \cos a_\gamma x, \end{cases} \quad (9)$$

где $T_{0\gamma} X_{\gamma 0}$ и $W_{0\gamma} X_{\gamma 0}$ – произвольные постоянные, которые определяются из начальных условий.

Для получения решения системы уравнений (1) разложим функцию $Q=Q(x)$ по собственным функциям, т.е. по $\cos a_\gamma x$. Вместо $T_{0\gamma} X_{\gamma 0}$ и $W_{0\gamma} X_{\gamma 0}$ напомним искомые функции $T_\gamma(t)$ и $W_\gamma(t)$, и, подставляя их в исходное уравнение (1), умножая на собственные функции $\cos a_\gamma x$, далее интегрируя в интервале $[0, l]$, получим следующую систему обыкновенных уравнений для нахождения этих функций:

$$\begin{cases} \int_0^l [C_s T_t - \varepsilon W_t - \lambda T_{xx} - Q] \cos a_\gamma x dx = 0, \\ \int_0^l [(1 - \varepsilon) W_t - D W_{xx} - D_T T_{xx}] \cos a_\gamma x dx = 0. \end{cases} \quad (10)$$

Вычислим интеграл

$$J = \int_0^x Q \cos a_\gamma x dx = Q_0 \int_0^x e^{-(\alpha + \mu)x} \cos a_\gamma x = \frac{1}{1 - \frac{a_\gamma^2}{\eta}} \left[\frac{e^{-\eta x} \cos a_\gamma x}{\eta} - a_\gamma \frac{e^{-\eta x} \sin a_\gamma x}{\eta^2} \right],$$

где $\eta = \mu + \alpha$.

Таким образом, получим

$$\begin{cases} C_s \dot{T}_\gamma - \varepsilon \dot{W}_\gamma + \lambda a^2 T_\gamma - \frac{Q_0}{\eta - a^2} \{ e^{-\eta l} [\cos a_\gamma l - a_\gamma \sin a_\gamma l] - 1 \} = 0, \\ (1 - \varepsilon) \dot{W}_\gamma + a^2 D W_\gamma + a^2 D_T T_\gamma = 0. \end{cases} \quad (11)$$

Система (11) является системой обыкновенных дифференциальных уравнений, которая решается либо методом преобразования Лапласа, либо переходом динамических переменных T_γ, W_γ к новым, другим переменным U_γ и V_γ .

Обоснованы тепломассообменные процессы, методы решения задач, приводятся различные технологии процесса сушки сорбентов (агентов сушки, дисперсных материалов, а также возможность использования внешних физических полей (поверхностный нагрев) при сушке сорбентов, агентов сушки или дисперсных материалов. Получено аналитическое решение однородного и неоднородного уравнений процесса тепломассообмена для сушки в линейной форме при стационарном и нестационарном случаях. Аналитически изучен учёт взаимодействий между динамикой

влаги и тепла в обезвоживаемом объекте, где происходит процесс сушки с помощью теплового облучения.

Определение распределения температуры и влажности в зависимости от координаты и времени при облучении, а также другие параметры будут приведены в части 2 данной статьи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лыков А.В. Тепломассообмен. Справочник / Под ред. Красникова В.В. М.: Энергия, 1978. – 479 с.
- [2] Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1976. – 348 с.
- [3] Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов. М.: 1988. – 456 с.
- [4] Каримов К.А., Каримов Р.И., Ахмедов А.Х. Развитие теоретических основ механизмов с управляемыми параметрами и связями. Ташкент: Iqtisod – Moliya, 2016. – 326 с.
- [5] Каримов К.А. Обоснование и разработка возможных подходов для создания управляемых механизмов прецизионного машиностроения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. Вып. 8. Ч. 2. Тула, 2016. С. 224 – 227.
- [6] Каримов К.А., Ахмедов А.Х. Перспективы использования реологических жидкостей с целью повышения эффективности управляемых механизмов прецизионного машиностроения // Сборник научных статей Международной научной конференции «Инновация – 2016». Ташкент, 2016. С. 31 – 33.
- [7] Kushimov B.A., Norkulova K.T., Mamatkulov M. Use of phase transformations with the purpose of accumulation of heat for vacuum-evaporating of installations // European Applied Sciences, Zentrum für Deutschland. 2014. № 5. P. 83 – 85.
- [8] Kushimov B.A. Investigation of solar Drying of Desert Fodder Plant Seeds // APPLIED Solar Energy. (Geliotehnika). Vol. 37. New York: Allerton Press, Inc. 2001. P. 82 – 90.
- [9] Кушимов Б.А., Каримов К.А., Ахмедов А.Х. К аналитическому описанию сушки под действием теплового облучения для нестационарных и стационарных задач // Вестник ТГТУ. Ташкент, 2018. № 1. С. 86–92.
- [10] Кушимов Б.А., Каримов К.А., Ахмедов А.Х. Постановка и решение стационарных задач тепломассообменных процессов в технологических машинах для сушки семян // Вестник ТГТУ. Ташкент, 2018. № 3. С. 147 – 150.

Ташкентский государственный технический университет
им. Ислама Каримова

Дата поступления
11.02.2019

Б.А. Кушимов, К.А. Каримов, А.Х. Ахмедов. Ташқи физик майдонлар ёрдамида қуритиш жараёнини математик моделлари нишаб чиқиши. 1 қисм

Ушбу мақолада иссиқлик масса алмашинуви жараёнилари асолаб берилган, қуритиш жараёнининг турли хил технологиялари келтирилган ва сорбентларни, қуритиш манбааларининг ёки майда дисперс материалларни қуритишда ташқи физик майдонлардан фойдаланиш имкониятлари келтирилган. Қуритилиши термал нурланиш ёрдамида амалга оширилаётган қуритилган объектда намлик ва иссиқлик динамикаси ўртасидаги боғлиқлик аналитик усулда ўрганилган.

B.A. Kushimov, K.A. Karimov, A.H. Akhmedov. Development of mathematical models of the drying process using external physical fields. Part 1

The article substantiates heat and mass transfer processes, provides various technologies of the drying process, as well as the possibility of using external physical fields when drying sorbents, drying agents or dispersed materials. Accounting for interactions between the dynamics of moisture and heat in the dehydrated object, where the drying process takes place with the help of thermal irradiation, is studied analytically.

УДК 532.517.4

Р.Д. МАТЧАНОВ, З.М. МАЛИКОВ, А.И. ЮЛДАШЕВ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ КАПЕЛЬ ХИМИКАТОВ ПРИ РАСПЫЛЕНИИ ОПРЫСКИВАТЕЛЕМ

При возделывании сельскохозяйственных культур особое значение придается технологическому процессу опрыскивания растений для их защиты от вредителей, болезней и сорняков. Ежегодно сотни тысяч тонн рабочих растворов пестицидов превращаются в капли. Скорость оседания и испарения, степень инерционного осаждения, снос ветром и рассеяние в приземном слое атмосферы, смачивание различных поверхностей покровных тканей растений и удерживаемость рабочей жидкости на них, скорость проникновения пестицидов в листовую ткань – эти и другие свойства капель определяются их размером. Узкий, оптимальный для каждого конкретного случая

спектр размеров капель характеризует перспективную технологию, реализуемую способом опрыскивания, удовлетворяющую постоянно возрастающим требованиям ресурсосбережения, высокой производительности и экологичности [1].

В то же время традиционные технологии опрыскивания вегетирующих растений, широко реализуемые с использованием штанговых тракторных опрыскивателей (прицепных, навесных, самоходных) с гидравлическими плоскофакельными (стандартными или антисносными) распылителями, недостаточно удовлетворяют современным требованиям. Нормы расхода рабочих растворов при их эксплуатации чаще всего составляют 100 – 300 дм³/га, а средний размер капель – $\delta=250$ – 500 мкм. Расход пестицидов, рассчитанный на технологические потери и конструктивное несовершенство такой опрыскивающей техники, сильно завышен. Мелкие капли (< 80 мкм) сносятся за пределы обрабатываемого поля, а крупные (> 300 мкм) скатываются с растений, загрязняя почву [1]. Образованные в начальной области факела распыла жидкости в результате коагуляции крупные капли – одна из основных причин нерационального расходования пестицидов. Повышенная концентрация капель в факелах распыляемой жидкости штанговых опрыскивателей обуславливает коагуляцию и значительное уменьшение их количества, что в свою очередь требует в десятки раз больше расхода рабочей жидкости на единицу обрабатываемой площади. Кроме того, при мелкокапельном распыливании жидкости происходит снос капель в окружающую среду. Рекомендуемая для решения этой проблемы высота расположения распылителей на штанге опрыскивателя 0.5 м ограничивает его скорость передвижения до 12 км/ч, особенно с широкозахватной штангой, при колебаниях которой до 12° возникает опасность соприкосновения краев с поверхностью земли. Турбулентные воздушные вихри, возникающие за штангой при движении опрыскивателя, увеличивают снос капель распыляемой жидкости в окружающую среду [2].

В связи с этим определение траектории движения капель является актуальной задачей при проектировании новых устройств для опрыскивания химикатов. В статье рассматривается математическое моделирование кинематики капель при опрыскивании с помощью пневмоструйного опрыскивателя. Принцип действия такого опрыскивателя состоит в том, что образующиеся капли из центробежных форсунок уносятся воздушной струей и направляются на растения. В результате воздействия воздушного потока на растения существенно увеличивается степень проникновения капель на нижние стороны листьев. Процесс происходит при значительных значениях числа Рейнольдса. Поэтому движение воздушного потока, а также капель носит сугубо турбулентный характер. Следовательно, кинематику капель необходимо рассматривать на основе теории турбулентности потоков.

При моделировании кинематики капель предположим, что масса жидкой фазы в единицу объема воздуха значительно меньше, чем масса воздушного потока. Данное предположение существенно упрощает поставленную задачу, так как в этом случае влиянием жидкой фазы на динамику воздушного потока можно пренебречь. Следовательно, задача разбивается на две самостоятельные задачи: первая – моделирование и решение динамики воздушной турбулентной струи; вторая – на основе полученной картины поля скоростей воздуха моделирование и численное решение движения капель.

Для более точного моделирования динамики турбулентной воздушной струи можно привлечь современные высокоэффективные модели турбулентности. Если не требуется высокая точность скоростей воздушного потока, можно использовать теорию турбулентности Прандтля [3]. На основе этой теории в [4] получено полуэмпирическое решение скорости турбулентного потока

$$v_z = \frac{14.23U_0}{z + z_0} \frac{1}{\left[1 + \left(8.22 \frac{r}{z + z_0}\right)^2\right]^2}, \quad v_r = \frac{7.1U_0 r}{(z + z_0)^2} \frac{1 - \left(8.22 \frac{r}{z + z_0}\right)^2}{\left[1 + \left(8.22 \frac{r}{z + z_0}\right)^2\right]^2}. \quad (1)$$

Здесь U_0 – скорость воздушного потока на выходе из сопла; $z_0=4.16R_0$ – полюс сопла; R_0 – радиус сопла; z – продольная координата; r – радиус; v_z – аксиальная скорость потока.

Данное решение справедливо вдали от сопла, где отношение указанного расстояния к диаметру сопла опрыскивателя существенно больше единицы. Однако оно вполне пригодно для

определения траекторий капель, потому что интересующий нас процесс осаждения капель химикатов на растения, в основном, происходит как раз на таких расстояниях.

Скорости воздушного потока дают возможность найти траекторию капель аэрозолей. Поставленная задача является трехмерной, так как на капли действует сила тяжести, вследствие чего симметричность движения капель относительно оси не будет сохраняться. Поэтому рассмотрим движения капель, выходящих из форсунок, расположенных вертикально по диаметру сопла. Полученные траектории капель из этих форсунок дадут нам картину зоны полива опрыскивателем, потому что траектория капель из нижней форсунки даст нам ближнюю точку, а траектория капель из верхней форсунки – дальнюю точку полива. Для математического моделирования таких капель запишем следующие кинематические уравнения:

$$\begin{cases} \frac{dv_{dz}}{dt} = k(v_z - v_{dz}), \\ \frac{dv_{dr}}{dt} = k(v_r - v_{dr}) - g, \\ \frac{dz_d}{dt} = v_{dz}, \\ \frac{dr_d}{dt} = v_{dr}. \end{cases} \quad (2)$$

Здесь v_{dz} и v_{dr} – соответственно аксиальная и радиальная скорости капли; z_d – продольная координата капли; r_d – радиальная координата капли; k – коэффициент взаимодействия между каплей и воздушной средой; g – ускорение свободного падения. На срезе сопла $r=R_0$ соответствует местоположению верхней форсунки, а $r=-R_0$ – нижней форсунки.

Коэффициент взаимодействия между фазами определяется по формуле Стокса [5]

$$k = \frac{18\mu}{\rho^0 \delta^2}. \quad (3)$$

В данном выражении ρ_0 – плотность материала частиц пыли; δ – “эффективный” диаметр частиц; μ – динамическая вязкость воздуха. Из формулы (2) видно, что коэффициент взаимодействия сильно зависит от эффективного диаметра капли. Чем меньше размер капли, тем она становится более увлекаемой воздушным потоком. Следовательно, разность между ее скоростью и скоростью воздушного потока становится небольшой.

Таким образом, выражения (1) и система уравнений (2) являются математической моделью движения капель. Поставленную задачу невозможно решить аналитически. Поэтому для интегрирования полученных уравнений использовался численный метод Эйлера с пересчетом [6].

На рис. 1, 2 представлены траектории капель, выходящих из опрыскивателя воздушным потоком, и размеры длины даны относительно диаметра сопел. Опрыскиватель состоит из двух сопел. Первое сопло расположено горизонтально, а второе – под углом к горизонту восстановит на расстоянии $l=5R_0$ от первого сопла. На рис. 1 показаны траектории капель диаметрами 300 (а) и 500 мкм (б) с углом расположения второго сопла 45° к горизонту.

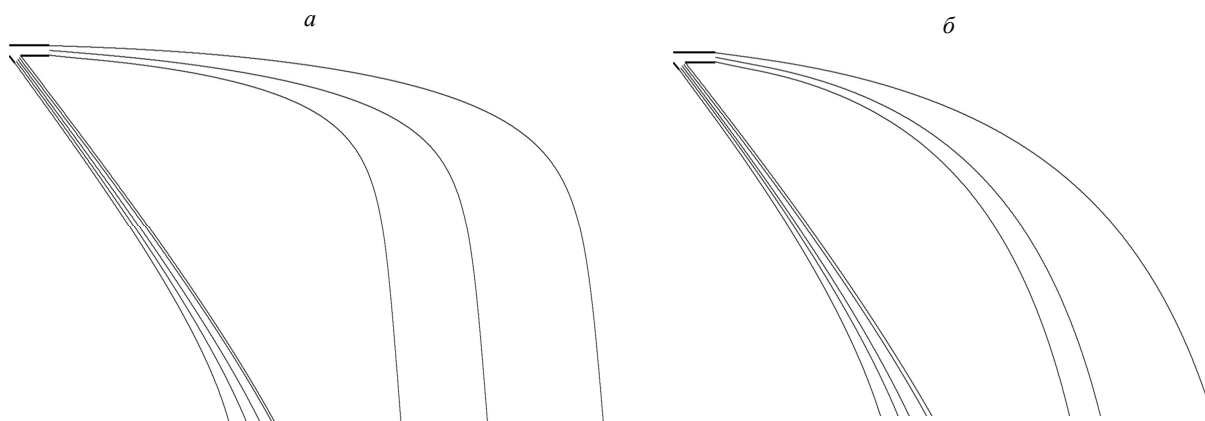


Рис.1. Траектории капель диаметрами 300 (а) и 500 мкм (б) с углом расположения второго сопла 45° к горизонту

Из этих картин видно, что капли неоднородно покрывают поверхность падения, т.е. существует зона, куда не попадают капли химикатов. Поэтому для оптимизации полива регулировался угол направления второго (бокового) сопла. На рис. 2 показаны траектории капель с диаметрами 300 (а) и 500 мкм (б) с углом второго сопла 30^0 .

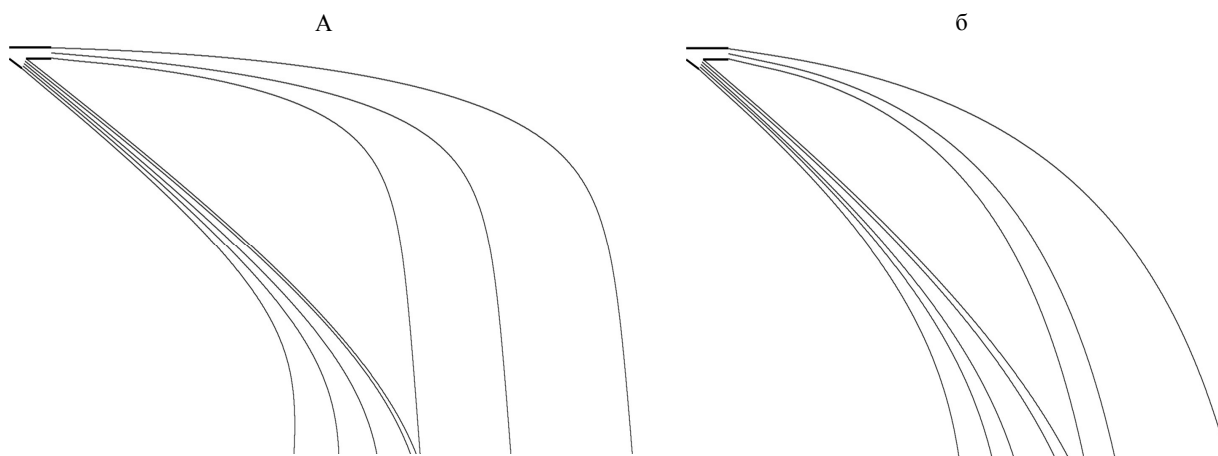


Рис. 2. Траектории капель диаметрами 300 (а) и 500 мкм (б) с углом расположения второго сопла 30^0 к горизонту

Полученные результаты показывают, что при расположении угла второго сопла под 30^0 к горизонту значительно улучшается однородность полива химикатом.

Расчеты проводились при скорости воздуха на выходе из сопла 50 м/с. Радиус сопел был равен $R_0=0.1$ м.

Таким образом, созданная математическая модель позволяет найти оптимальные параметры сопел. Следовательно, графическую программу численного расчета можно рекомендовать для проектирования новых опрыскивателей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Шестаков В.Г. Научно-практические аспекты технологии применения современных гербицидов в растениеводстве. М.: РАСХН. ВНИИФ, 2010. – 189 с.
- [2] Противососная технология внесения гербицидов нового поколения / Никитин Н.В., Спиридонов Ю.Я., Абубикеров В.А. и др. // Вестник защиты растений ВИЗР. 2008. № 3. С. 47 – 55.
- [3] Prandtl L. Untersuchungen zur ausgebildete Turbulenz // Zeitschr. fur. Angew. Masth. und. Mech. Vol. 5. 1925.
- [4] Schlichting H. Laminare Strahlausbreitung // Zeitschr. fur Angew. Masth. und Mech. 1933. Bd. 13. S. 260.
- [5] Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1987. – 427 с.
- [6] Андерсон Д., Таннехилл Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. М.: Мир, 1990. Т. 1. 107 с.

ООО «АГРИХИМ»

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

Дата поступления

04.04.2019

Р.Д. Матчанов, З.М. Маликов, А.И. Юлдашев. Пуркагичдан чиқаётган кимёвий модда томчиларининг ҳаракатларини математик моделиштириши

Мақолада пуркагичдан чиқаётган кимёвий модда томчиларининг ҳаракатлари математик моделиштирилган ва сонли ҳисобланган. Натижада пуркаш жараёнини самарадорлигини кўрсатадиган томчиларнинг ҳаракат траекториялари олинган. Ишлаб чиқилган сонли дастурни пуркагич параметрларини оптималлаштиришида ишлатиши мумкин.

R.D. Matchanov, Z.M. Malikov, A.I. Yuldashev. Mathematical modeling of the kinematics of chemical droplets when sprayed with a sprayer

The paper carries out mathematical modeling and numerical solution of the motion of droplets emerging from the sprayer. As a result, a picture of the trajectories of droplets was obtained, which makes it possible to evaluate the effectiveness of spraying plants with liquid chemicals. The developed program can be used to optimize the parameters of the sprayer.

ИССЛЕДОВАНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ДОРОГ, УКРЕПЛЕННЫХ ГАБИОННЫМИ КОНСТРУКЦИЯМИ

При разработке проектных решений сооружений из габрионных конструкций необходимо учитывать их две ключевые особенности: гибкость объемных сетчатых каркасов и проницаемый ячеистый тип конструкций.

Проницаемость сооружений из габрионных конструкций для грунтовых и паводковых вод обуславливается ручной укладкой каменного материала, при которой их пористость достигает 0.25 – 0.40. Данная особенность позволяет исключить возникновение гидростатических нагрузок и снизить затраты на устройство обратного фильтра.

Проверка внешней устойчивости габрионных подпорных стен включает в себя расчет общей устойчивости сооружения; расчет устойчивости на сдвиг; расчет устойчивости на опрокидывание.

Рассмотрим случай укрепления откосов габрионными матрасами и выполним расчет внешней и внутренней устойчивости армогрунтовой габрионной грани откоса дороги (рис. 1), расположенной на участке автомобильной дороги III категории.

При расчете будем учитывать собственный вес грунта, сейсмическую квазипсевдостатическую нагрузку в 8 баллов. Район расположения дороги – в горной области, следовательно, будем учитывать нагрузку от селевых потоков. Максимальную глубину потока сели примем равной 3 м, а ударную силу – $q=7 \text{ т/м}^2$.

Габрион выполнен из сетки с диаметром проволоки 3.0 мм. Удельный вес каменного материала заполнения габрионной конструкции $\gamma_s=26 \text{ кН/м}^3$, пористость $n=0.30$. Грунт земляного полотна – суглинок с расчетным углом внутреннего трения $\varphi=30^\circ$, сцеплением $c=8 \text{ кПа}$, удельным весом $\gamma=18.9 \text{ кН/м}^3$ и модулем деформации 30 МПа.

Удельный вес габрионных конструкций подпорной стены определяется по формуле

$$\gamma_g = \gamma_s (1 - n) = 26 \cdot (1 - 0.30) = 18.2 \text{ кН/м}^3.$$

Расчеты показали, что при воздействии селевой нагрузки откос сильно повреждается. На рис. 2 приведены картина деформирования с учетом повреждения и возникшие запредельные зоны в грунтовом откосе.

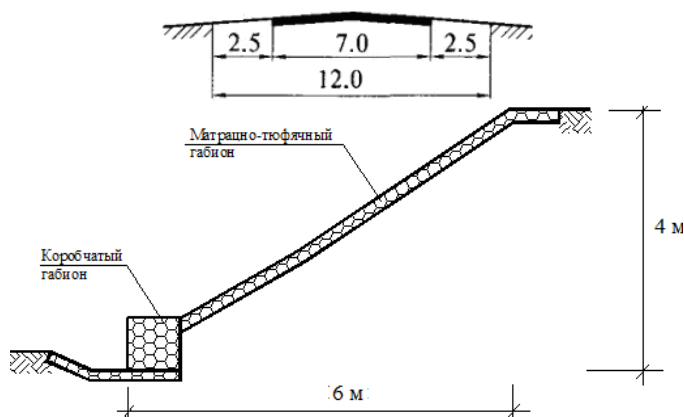


Рис. 1. Откос с габрионами

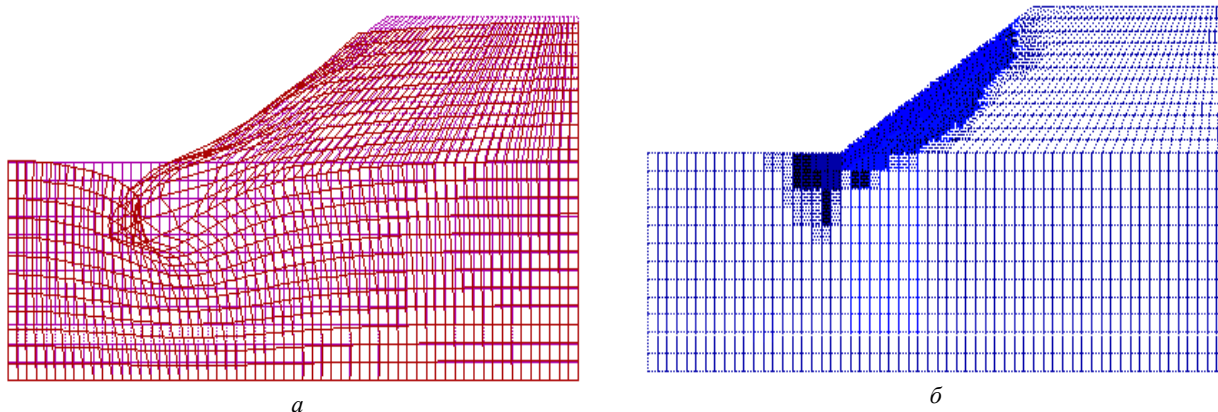


Рис. 2. Деформирование с учетом повреждения (а) и возникшие запредельные зоны (б) в грунтовом откосе

Рассмотрим решение той же задачи при установке защитных габионных конструкций.

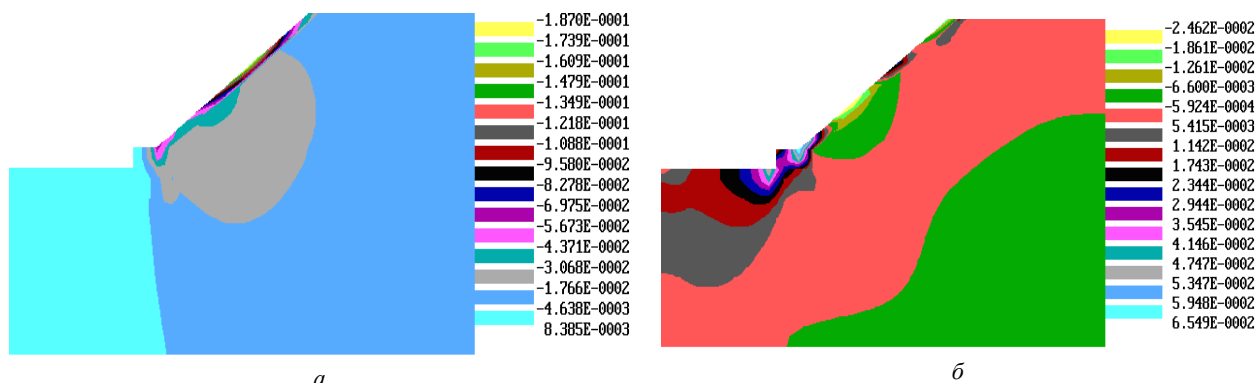


Рис. 3. Максимальные (а) и минимальные (б) главные напряжения, МПа

Из полученных результатов расчета (рис. 3) можно отметить, что установка защитных габионных конструкций действительно снижает деформирование грунтового откоса и тем самым предотвращает нежелательные последствия. При отсутствии габиона максимальные главные напряжения достигают величин 0.077 МПа, а при укрепленном случае – 0.005 МПа.

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

Дата поступления
24.12.2018

М.Х. Миралимов, Ф.Ф. Адиллов, Р.А. Абиров. Габионлар билан мустаҳкамланган иншоотларнинг турғунлиги тадқиқоти

Мазкур илмий ишда габионлар билан мустаҳкамланган иншоотларнинг кучланиши ва деформацияланиши ҳолати ўрганиб чиқилган. Габионлар асосий конструктив параметрларини иншоотларнинг турғунлиги ва деформацияланиши учун таъсири таҳлил қилинган.

M.H. Miralimov, F.F. Adilov, R.A. Abirov. Strengthening by gabion structures and slope stability

Stress-strain states of slopes reinforced by gabions are described here. Influences of basic structural parameters of gabions for strengthening of slopes stability and deformability are analyzed in this issue.

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИАГНОСТИКИ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ, ПОДЛЕЖАЩИХ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМ РАБОТАМ, НА ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕРГАНСКОЙ ОБЛАСТИ

На территории Ферганской области, как и в других областях республики, расположено множество мостов, служащих как для прямолинейного перемещения транспортных средств через углубления рельефа различной функциональности, так и для создания бесперебойного движения на пересечениях дорог.

Развитие транспортной промышленности и повышение современных требований к функциональности и эффективности работы транспорта приводят к повышению скорости движения и увеличению грузоподъемности современных грузовых транспортных средств. Эти факторы, а также заметный рост количества транспортных средств во всех сферах транспортного хозяйства напрямую оказывают негативное влияние на пропускную способность, грузоподъемность и безопасное функционирование дорожного полотна и мостовых сооружений, не меньшую роль в этом играет и срок эксплуатации мостовых сооружений. В связи с этим наблюдаются отклонения от заданных норм и требований в их конструкциях и отдельных элементах.

При проектировании новых транспортных линий эти факторы учитываются в надлежащем порядке. Но основной и самой объемной задачей всё-таки остаётся содержание в рабочем состоянии существующих дорожных артерий и мостовых сооружений, особенно старых построек. В настоящее время на автомобильных дорогах общего пользования имеются мостовые сооружения, спроектированные и построенные более 40 – 50 лет тому назад. Они проектировались по требованиям того периода с запасом по всем критериям, но время и ускоренное развитие всех сфер заметно влияют на их функциональные показатели. В целях безопасного функционирования они в числе всех других дорожных путепроводов в обязательном порядке проходят плановые периодические и внеплановые обследования.

Диаграммы распределения мостов по годам постройки и техническому состоянию приведены на рис. 1, 2.

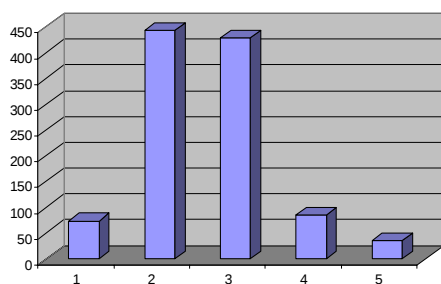


Рис. 1. Диаграмма распределения мостов по годам постройки.
Период постройки: 1 – до 1960 г.; 2 – 1960 – 1975 гг.;
3 – 1976 – 1990 гг.; 4 – 1991 – 2005 гг.; 5 – с 2005 г.

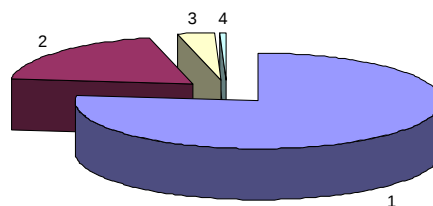


Рис. 2. Диаграмма технического состояния мостов.
Техническое состояние мостов:
1 – удовлетворительное; 2 – не удовлетворительное;
3 – предаварийное состояние; 4 – аварийное состояние

С целью обеспечения безопасного функционирования была проведена техническая диагностика мостовых сооружений, подлежащих ремонтно-восстановительным работам, на автомобильных дорогах общего пользования Ферганской области.

Диагностика мостовых сооружений включает в себя следующее [1, 2]:

- осмотр конструкций мостов (подмостовой зоны, подходов, проезжей части, несущих конструкций, опорных частей);
- выявление повреждений и дефектов конструкций;
- проведение обмерных работ для определения габаритов мостов;

- описание выявленных дефектов, создание эскизов и фотографий;
- оценка технического состояния конструкций мостов;
- определение возможности дальнейшей эксплуатации мостов.

Техническая диагностика была проведена на следующих мостовых сооружениях:

1. Автодорожный мост через Большой Ферганский канал на км 9+085 автомобильной дороги 4К840, построен в 1960-е годы. Схема моста – 0.8+6×6.40+0.8 м, имеет габарит Г-6.0 м и два тротуара по 60 см, шестипролетный, IV технической категории. Отверстие моста – 34.0 м. Полная длина моста – 40.0 м. Пролетные строения металлические, с ездой поверху запроектированы под расчетную нагрузку Н-13 и НГ-60. Тип пролетного строения – неразрезной, балочный. Материал пролетного строения – металлические фермы и железобетонные плиты. Тротуары устроены на консольной части плит проезжей части. Мостовое покрытие асфальтобетонное. Толщина слоев покрытия – 18 – 20 см. Сваи из металлических труб. Поверху столбы объединены металлическими швеллерами. В поперечном сечении имеется пять металлических свай диаметром 270 мм.

2. Автодорожный мост на км 8+056 автомобильной дороги 4К842, построен ориентировочно в 1967 – 1968 гг.

Схема моста – 2×8.66 м. Мост на дороге IV технической категории с пролетами по 8.66 м, имеет габарит Г-5.90 м с двумя тротуарами по 50 см. Мост двухпролетный. Пролетные строения скомпонованы из пяти диафрагменных балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой длиной 8,66 м. Балки пролетного строения объединены между собой при помощи сварки закладных деталей диафрагм. Отверстие моста – 14.0 м. Полная длина моста – 17.87 м.

3. Автодорожный мост через арык расположен на км 3+520 автомобильной дороги 4Н835а, построен ориентировочно в 1972 – 1974 гг.

Схема моста – 2×8.66 м. Мост на дороге IV технической категории с пролетами по 8.66 м, имеет габарит Г-7.0 м с двумя тротуарами по 60 см. Мост двухпролетный. Пролетные строения скомпонованы из шести балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой длиной 8.66 м. Балки пролетного строения объединены между собой при помощи монолитного шва омоноличивания на уровне плит проезжей части. Отверстие моста – 12.0 м. Полная длина моста – 17.87 м.

4. Автодорожный мост через коллектор расположен на км 28+600 автомобильной дороги 4К857, построен ориентировочно в 1977 г.

Схема моста – 3×8.66 м. Мост на дороге IV технической категории с пролетами по 8.66 м, имеет габарит Г-8.0 м с двумя тротуарами по 65 см. Мост трехпролетный. Пролетные строения скомпонованы из шести балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой длиной 8.66 м. Балки пролетного строения объединены между собой при помощи монолитного шва омоноличивания на уровне плит проезжей части. Отверстие моста – 17.0 м. Полная длина моста – 26.58 м.

5. Автодорожный мост через коллектор расположен на км 15+700 автомобильной дороги 4К865, построен ориентировочно в 1972 – 1974 гг.

Схема моста – 3×8.66 м. Мост на дороге IV технической категории с пролетами по 8.66 м, имеет габарит Г-6.40 м с двумя тротуарами по 60 см. Мост трехпролетный. Пролетные строения скомпонованы из пяти балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой длиной 8.66 м. Балки пролетного строения объединены между собой при помощи монолитного шва омоноличивания на уровне плит проезжей части. Отверстие моста – 17.0 м. Полная длина моста – 26.58 м.

6. Автодорожный мост на км 0+020 автомобильной дороги 4К913 «Дўрмон к. – Дехконобод к. – А373 автойўли» и построен ориентировочно в 1956 – 1957 гг.

Схема моста – 6×6.0 м. Мост на дороге IV технической категории с пролетами по 6.0 м, имеет габарит Г-7.0 м с двумя тротуарами по 40 и 50 см. Мост шестипролетный. Пролетные строения скомпонованы из десяти диафрагменных балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой длиной 6.0 м. Балки пролетного строения между собой не объединены. Отверстие моста – 28.0 м. Полная длина моста – 36.25 м.

7. Автодорожный мост на км 6+168 автомобильной дороги 4К915, построен ориентировочно в 1976 г.

Схема моста – 11.36+14.06+11.36 м. Мост на дороге IV технической категории с пролетами по 11.36 и 14.06 м, имеет габарит Г-7.70 м с двумя тротуарами по 40 и 50 см. Мост трехпролетный. Пролетные строения скомпонованы из шести балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой. Балки пролетного строения объединены между собой при помощи монолитного шва омоноличивания на уровне плит проезжей части. Отверстие моста – 27.0 м. Полная длина моста – 37.38 м.

8. Автодорожный мост на км 3+064 автомобильной дороги 4K924, построен ориентировочно в 1973 г.

Схема моста – 8.66+16.76+8.66 м. Мост на дороге III технической категории с пролетами по 8.66 м и 16.76 м, имеет габарит Г-11.70 м с двумя тротуарами по 115 см. Мост трехпролетный. Пролетные строения скомпонованы из восьми балок таврового сечения с ненапрягаемой арматурой. Балки пролетного строения объединены между собой при помощи монолитного шва омоноличивания на уровне плит проезжей части. Отверстие моста – 18.0 м. Полная длина моста – 34.68 м.

9. Автодорожный мост на км 48+042 автомобильной дороги 4K926, построен ориентировочно в 1967 г.

Схема моста – 5×9.0 м. Мост на дороге III технической категории с пролетами по 9.0 м, имеет габарит Г-7.50 м с двумя тротуарами по 55 см. Мост пятипролетный. Пролетные строения моста скомпонованы из шести балок прямоугольного сечения длиной 9.0 м с ненапрягаемой арматурой. Поверх балок в поперечном направлении установлены сборные плиты проезжей части шириной 1.5 м и длиной 4.50 м с ненапрягаемой арматурой. Плиты установлены в два ряда. Отверстие моста – 28.0 м. Полная длина моста – 45.70 м.

По результатам диагностирования были выявлены следующие основные типы разрушений и дефектов в элементах конструкций мостов и подмостового пространства:

Подмостовое пространство:

- отсутствие укреплений берегов и русла водных путей;
- отсутствие укреплений откосов конусов у устоев, в связи с чем происходит сползание грунтов конусов насыпи у устоев;
- загрязнение и заиливание подмостового пространства.
- наличие остатков наносов на сваях промежуточных опор;
- сколы, трещины, участки просадок поверхностей укреплений;
- размывание подмостового пространства грунтовыми и сточными водами (рис. 3);
- размывание грунта под опорными элементами.

Конструкции опор.

а) сваи и стойки:

- участки коррозии и деформации на поверхности свай промежуточных опор;
- вертикальные трещины шириной раскрытия до 1.0 мм на поверхности свай промежуточных опор, участки выпадения защитного слоя и оголения арматуры, сколы бетона и усадочные трещины (рис. 4). Наибольшие разрушения наблюдаются на участках перемены воды;
- коррозия поверхности металлических свай береговых и промежуточных опор;
- частичное разрушение сварных швов объединения стальных свай и швеллеров;
- отклонение свай от вертикальности;



Рис. 3. Размывание подмостового пространства



Рис. 4. Выпадение защитного слоя и оголение арматуры



Рис. 5. Горизонтальные трещины насадок

б) насадки:

- сколы бетона на участках опирания балок на насадки;
- загрязнения поверхности насадок;
- горизонтальные трещины шириной раскрытия до 1.0 мм на поверхности насадок, раковины и участки выпадения защитного слоя. Разрушения на поверхности насадок промежуточных опор, а также сколы бетона на участках опирания балок на насадки (рис. 5).

Пролетные строения:

- участки выпадения защитного слоя бетона с оголением арматурных стержней на поверхности швов омоноличивания и плит проезжей части балок пролетного строения;
- разрушение кромок плиты проезжей части и швов омоноличивания над опорами;
- трещины на торцах балок шириной раскрытия до 1.0 мм и разрушение бетонной поверхности;
- сколы бетона и усадочные трещины на поверхности балок пролетных строений;
- трещины шириной раскрытия до 1.0 мм на торцах балок и разрушения бетонной поверхности;
- сколы бетона и горизонтальные трещины на поверхности балок пролетных строений;

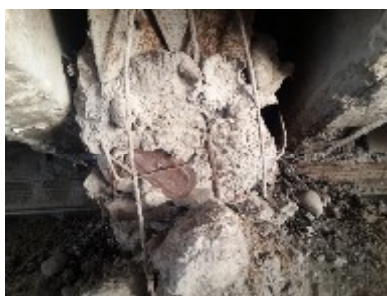


Рис. 6. Разрушение швов омоноличивания

- следы потеков и высолов на поверхности балок пролетного строения;
- участки выпадения защитного слоя бетона с оголением арматурных стержней, трещины, участки шелушения бетона на нижней поверхности плит проезжей части;
- отсутствие опорных частей под балками пролетных строений;
- разрушение кромок плит проезжей части и швов омоноличивания над опорами с образованием провалов (рис. 6);
- не выполнение объединения балок по диафрагмам;
- вертикальные трещины шириной раскрытия до 0.5 мм на ребрах балок и на участках опирания балок на насадки.

Тротуары и проезжая часть:

- деградирование бетона тротуаров. Коррозирование и частичное деформирование перильных ограждений. Потеря устойчивости перильных ограждений. Разрушение бордюрных ограждений;
- местные разрушения дорожных покрытий (трещины, выбоины, наплывы на поверхности мостового полотна).

Вышеуказанные разрушения и дефекты являются развивающимися, поэтому необходимо принимать меры по их устранению.

В зависимости от сложности нарушения целостности элементов конструкции моста принимаются меры по ремонту, усилению или замене данных элементов, капитальному ремонту, реконструкции или постройке нового моста.

При размыве и сползании откосов насыпи у береговых опор принимаются меры по укреплению подмостового пространства и берегов, а также направлению русла реки в плановом положении.

Размывание подмостового грунта грунтовыми водами требует выявления источника данных вод и перенаправления их в отдаленные участки.

Для безопасного функционирования отдельных элементов или конструкции моста в целом по итогам диагностики и проведенных расчетов выданы рекомендации по исправлению каждого дефекта и недостатка.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ШНК 3.06.07-08. Мосты и трубы. Правила обследования и испытаний.
- [2] МШН 4-2004. Инструкция по проведению осмотров мостовых сооружений и труб на автомобильных дорогах.

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

Дата поступления
03.04.2019

Х. Байбулатов, Ж. Гайибов, М. Бердибаев. Фаргона вилояти худудида жойлашган умумий фойдаланишдаги таъмирталаб кўприк иншоотларини кўриқдан ўтказиш натижалари

Мақолада техник кўрик натижалари бўйича Фаргона вилояти худудида жойлашган кўприкларда аниқланган лойиҳавий ечимлар, бузилишлар ва нуқсонлар тавсифланган.

H. Baybulatov, J. Gayibov, M. Berdibaev. Results of diagnostics of bridge structures, subject to repair and reconstruction works on roads of the Fergana region

The article describes the constructive solutions, the identified damage and defects of bridges according to the results of technical diagnostics in the territory of the Fergana region.

ЯНГИ УСУЛДА ТОЛАСИ ЖИНЛАНМАГАН ЧИГИТЛАРНИ АЖРАТИШ

Пахтани қайта ишлаш технологиясида асосий жараён толани чигитдан ажратиб олиш ҳисобланади. Чигитни толадан ажратиб олиш ингичка толали пахталарда валикли жинлар ёрдамида, ўрта толали пахталарда аррали жинларда амалга оширилади. Пахта тозалаш корхоналарнинг самарали ишлашининг асосий кўрсаткичи ишлаб чиқарадиган асосий маҳсулот-толанинг миқдори ҳисобланади. Тола миқдорини оширишнинг омилларидан бири бу пахта хом ашёсини дастлабки ишлаш жараёнида технологик тизимининг деярли барча буғинларида рўй берадиган тола йўқолишини камайтиришдир. Соҳа олимлари томонидан ўтказилган илмий тадқиқотлар натижаси шу нарса исботландики, жинлаш жараёнида ишчи камерада юқори тукдорлик билан, тўла жинланмасдан чиқаётган чигитлар ҳисобига тола йўқолиши содир бўлар экан [1–4].

Чигитни толадан ажратиш жараёнида жин машинаси ишчи камерасидан толаси тўла ажрамаган чигитлар ҳам чиқади. Ўтказилган таҳлиллар пахта тозалаш корхонасида чигитнинг тўла тукдорлиги соҳа бўйича тўла тукдорлик меъёридан юқори бўлишини ҳамда чигитдаги йигирувга яроқли тола қолдиқдорлиги мавжуд бўлганлиги учун технологик жинлаш жараёнига кўшимча йигирувга яроқли толани ажратиб олувчи дастгоҳлар ўрнатиш кераклигини кўрсатди.

Пахтани дастлабки ишлаш корхоналари технология жараёнида жин машинасидан чиқаётган толаси тўла жинланмаган чигитларни ажратиб олиш бугунги кунда уч усулда амалга оширилади.

1-ҳаво оқими ёрдамида 2-механик мосламалар ёрдамида 3-материал юзасининг ҳоссалари бўйича. Биринчи усулда чигитли аралашмани унинг аэродинамик хусусиятлари бўйича ажратиш ҳаво оқими ёрдамида махсус тайёрланган камерада бажарилади. Бу жараён вертикал, горизонтал ва қия ҳаво оқими ёрдамида ажратувчи қурилмаларда амалга оширилади.

Бу қурилмаларда чигитларни саралаш мақсадида фракцияларга бўлишда уларнинг учувчанлик хусусиятларини инобатга олинади.

Толаси тўла жинланмаган чигитларни учувчанлик хусусияти бўйича ажратишда чигитларни массаси аҳамиятга эга бўлади.

Бу усулда учувчанлик хусусияти бир-бирига яқин бўлган чигитларни фракцияларга ажратиш қийин бўлади. Толаси бор чигитлар аэродинамик хусусиятлари бўйича толаси кам бўлган чигитлардан фарқ қилмайди. Шу сабаб толаси тўлиқ жинланмаган чигитларнинг аэродинамик усулда ажратиш юқори самара бермайди.

Иккинчи усулда механик мосламалар ёрдамида толаси бор чигитларни ажратиб олишда асосан тебранма тўрли юзалардан ва аррачали барабанлардан фойдаланилади. Бундай тебранма тўрли юзалар асосан қия ўрнатилган бўлиб, унинг айлана шаклдаги тешикларининг диаметри узунлиги бўйлаб катталашиб боради.

Бу чигит саралагич ишлаганда жиндан чиққан толадан ажраган чигитлар бункер орқали тўрли юзага келиб тушади. Қия тўрли юзада ҳаракатланаётган чигитлар таркибида майда ифлосликлар қурилманинг бошланғич қисмида ажралиб қолади.

Кейинги тешикларнинг диаметри каттароқ бўлган қисмида толадан тўла ажраган чигитлар тушади. Толаси тўла ажралмаган чигитларнинг ўлчамлари катта бўлганлиги сабабли улар тешиклардан тушиб қолмайди.

Шундай қилиб, толаси тўла жинланмаган чигитларни ажратиб олиш имконига эга бўламиз. Бу чигитларни қайтадан толасидан ажратиш учун жин машинасига юборилади.

Жиндан чиқаётган чигитларнинг миқдори кўп бўлганлиги сабабли тебранма тўрли юзада саралаш толаси бор чигитларни ажратиб олиш самарали бўлмайди.

Шунинг учун саралагичнинг такомиллашган конструкцияда қия тебранма тўрли юзадан олдин кўшимча тўрли барабан ўрнатишни таклиф қилинган.

Тўрли барабан ичига чигитларнинг титилиб ҳаракатланишини таъминлаш мақсадида винт шаклдаги шнек ҳам ўрнатилган.

Бу мослама ишлаганда толадан ажраган чигитларнинг бир қисми тўрли барабан тешикларидан тушиб кетади. Тўрли барабандан кейин унинг пастки қисмига, кейин ўрнатилган тебранма тўрли юзага келиб тушган чигитларнинг миқдори камайганлиги сабабли унинг самарадорлигининг ошишига олиб келади.

Тебранма тўрли юза ёрдамида толаси тўла жинланмаган чигитларни ажратиб олиш ҳисобини тола чиқиши $0.07 \div 0.1\%$ га ошган.

Аррачали барабан ёрдамида толаси бор чигитларни ушлаб қолишга асосланган регенератор асосан таъминлагич қувур, колосникли панжара ва чўткали барабандан ташкил топган.

Бу машина ишлаганда толаси тўлиқ жинланмаган чигитлар ажратиб олиниб жин машинасига юборилади.

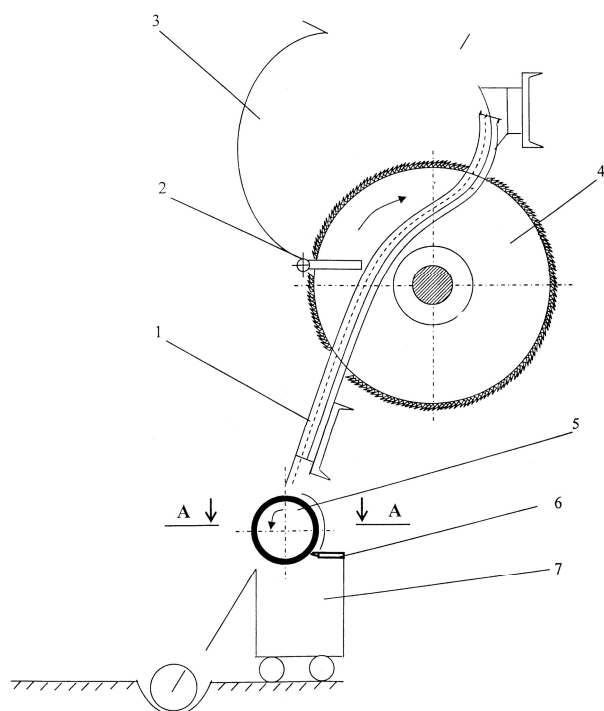
Регенератор пневматик чигит тозалагичдан ёки элеватордан кейин чигит тақсимлаш шнеги бошига ўрнатилади. Ушлаб қолган толаси тўлиқ жинланмаган чигитлар ҳаво ёрдамида қувур орқали жин батареясида пахта сепараторига ёки кодексорга узатилади.

РНС маркали регенератори пахта тозалаш заводларида ишлатиб қўрилганда толаси тўлиқ жинлаган чигитларни тўла ушлаб қола олмаётганлиги аниқланди. Машинанинг регенерациялаш самарадорлиги пастлиги ҳамда ишлатиш учун қўшимча конденсор ва вентилятор ўрнатиш кераклиги сабабли уни ишлатиш самарасиз бўлиб қолмоқда.

Пахтани қайта ишлаш технологиясида жин машинанинг ишчи камерасида толаси бор чигитларнинг чиқиб кетишига имкон яратиб берган ҳолда пахтани икки босқичда жинлаш технологияси таклиф қилган.

Бу технологияда пахта босқичма-босқич жинлаганда асосий жин машинасида толаси тўлиқ ажрамаган чигитларни чиқиб кетишига имкон берадиган ҳолатда ишлайди.

Бунда жин машинасининг ишчи камерасида ҳам ашё валигининг зичлиги паст бўлгани сабабли чигит кам шикастланади.



Жин машинасида толаси тўлиқ ажрамаган чигитларни ушлаб қоладиган мосламани ўрнатиш схемаси (№FAP 20100108): 1 – колосник; 2 – чигит тароғи; 3 – ишчи камера; 4 – аррали цилиндр; 5 – толадор чигитларни ажратиб олувчи барабан; 6 – толаси бор чигитларни ажратиб берадиган қўзғалмас сидиргич; 7 – бункер

Натижада жиннинг иш унумдорлиги ортада толада нуксон ва ифлос аралашмалар ҳосил бўлиши ҳамда калта толаларнинг миқдори сезиларли даражада камаяди. Биринчи босқич жиндан кейин чигитлардаги йигирувчан яроқли толаларни ажратиб оладиган янги жин машинаси конструкция яратилган. Бу жинда толаси тўлиқ жинланмаган чигитлар толаларни ажратиб олиш ҳисобига тола чиқиши 0,56 фоизга ошганлиги кўрсатилган.

Кейинги вақтларда пахта тозалаш корхоналарида қисқа технологияни кенг жорий қилиш амалга оширилмоқда. Бунда имкони борича қўшимча энергия сарфлашни талаб қиладиган машиналарни технология жараёнга ўрнатилмаслик режалаштирилган. Шундан келиб чиққан ҳолда муаллифлар ушбу мақолада толаси тўла жинланмаган чигитларни ажратиб берадиган машиналарнинг конструкцияларни ва ишлаш жараёнларини атрофлича ўрганиб чиқдилар.

Муаллифлар томонида шу асосда учинчи усулда фойдаланиб дастгоҳ материал юзасининг ҳоссаларига асосланиб толаси тўла жинланмаган чигитларни ажратиб олиш таклиф қилинади (расм).

Бу янгича усулни технологик жараёнга қўшимча ўрнатилмайди колосник пастки қисмига айланувчи барабан кўринишида мослама ўрнатиш таклиф қилинган.

Янги таклиф этилаётган барабанга эга қурилма толаси тўлиқ ажратиб олинмаган чигитларни ажратиб олишга мўлжалланган бўлиб, бу тўла тозаланмаган чигитларни қайтадан жинга бериб толасини ажратиш имконини беради.

Қурилма асосан қуйидаги элементлардан ташкил топган: колосник 1, чигит тароғи 2, ишчи камера 3, аррали цилиндр 4, толадор чигитларни ажратиб олувчи барабан 5, толаси бор чигитларни ажратиб берадиган қўзғалмас сидирғич 6, бункер 7 дан ташкил топган.

Бу қурилманинг муҳим белгилари чигит тароғидан ўтиб кетган тўлиқ тозаланмаган толадор чигитларни ажратиб олиш имконига эга бўлган тукли барабан ҳамда толаси тўлиқ ажратиб олинмаган чигитларни тукли барабандан ажратиб берадиган қўзғалмас сидирғич ва тўплаш учун махсус бункер ўрнатилган.

Таклиф қилинган қурилма қуйидагича ишлайди. Пахта ишчи камера 3 га келганидан сўнг, аррали цилиндр 4 ёрдамида илиб олинган пахта толаси колосниклар 1 ёрдамида чигитдан ажратилади. Чигитлар колосниклар юзи бўйлаб ўз оғирлиги таъсирида чигит тароғи 2 га келиб тушади. Чигит тароғи билан арралар орасидаги масофадан фақат толадан тўла ажратилган чигитлар чиқиб кетади. Лекин айрим ҳолатларда тўла тозаланмаган чигитлар ҳам ишчи камерадан чиқиб кетиши кузатилади. Толадор чигитларни ажратиб олувчи барабан 5 орқали толадор чигитлар ажратиб олиниб, қўзғалмас сидирғич 6 ёрдамида толадор чигитлар тўпланадиган бункер 7 га туширилади.

Янги таклиф этилаётган барабан мана шу толадор чигитларни ажратиб олишга мўлжалланган бўлиб, бу тўла тозаланмаган чигитларни қайтадан жинга бериб толасини ажратиб олиш имконини беради.

Таклиф қилинаётган толаси тўлиқ жинланмаган чигитларни ажратиб берадиган қурилма жуда содда ортикча энергия сарф қилинмайди.

Натижада жиннинг иш унумдорлиги ошади толадаги нуқсон ва ифлос аралашмалар миқдори ҳамда чигитнинг механик шикастланиши сезиларли миқдорда камаёди.

Хулоса. Бу таклиф қилинаётган мослама содда бўлганлиги сабабли уни пахта тозалаш заводларининг имкониятидан келиб чиққан ҳолда тайёрлаб ўрнатса ҳам бўлади. Бундан ташқари ушбу янги такомиллаштирилган жин машинасидан пахта тозалаш саноати корхоналари самарадорлигини ошириш бўйича илмий-тадқиқот ишлари олиб бораётган магистрлар ва тадқиқотчиларнинг фойдаланишлари мумкин бўлади.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Ш е м ш у р и н Г. А. Исследование остаточной волокнистости семян хлопка: Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1959. – 171 с.
- [2] И с а х а н о в Х. И. Разработка установки для недоджинированных семян и летучек хлопка – сырца в непрерывном технологическом процессе хлопкозавода: Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1987. – 163 с.
- [3] Х м ы р о в В. Д. Разработка технологии регенерации недоджинированных летучек хлопка-сырца перед линтерованием и создание устройства для ее осуществления: Дис.... канд. техн. наук. Ташкент, 1987. – 200 с.
- [4] Мурадов Р., Каримов Э., Обидов А., Маҳкамов А. “Тола ажратиш қурилмаси”, Патент олиш учун талабнома. № FAP 20100108.

Наманган муҳандислик- технология институти

26.03.2019
қабул қилинган

Х.Т. Ахмедходжаев, Х. Исаханов, С. Режаббоев. О новом способе отделения недоджинированных семян

В статье рассмотрены процессы отделения волокна от семян и выделения недоджинированных семян на хлопкоочистительных предприятиях. Предложен новый способ отделения недоджинированных семян.

H.T. Ahmedhodjaev, H. Isakhanov, S. Rejabboev. Separation of non-ginned cotton seeds in new method

The article shows output of non-ginned cotton seeds from cotton gin machines during the process of separating fiber from the seed in cotton cleaning enterprises. Here is offered a new way of separating these non-ginned seeds.

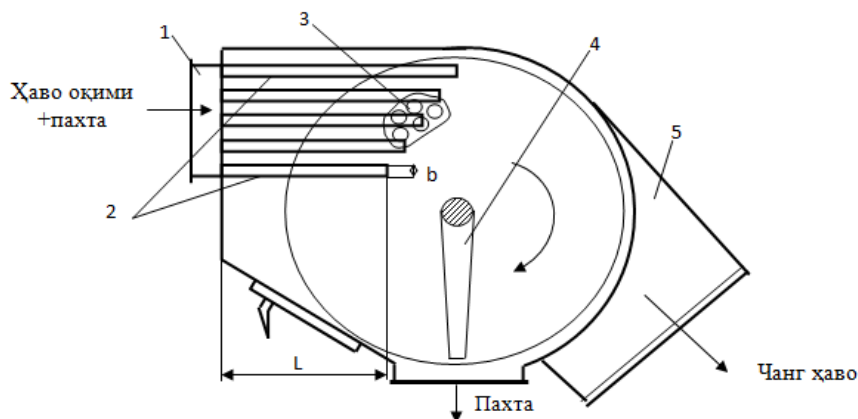
ЯНГИ СЕПАРАТОРНИ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ЖАРАЁНИГА ЎРНАТИШ ВА СИНАШ

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017 – 2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида»ги Фармони [1] ҳамда 2016 йил 21 декабрдаги «2017 – 2019 йилларда тўқимачилик ва тикув-трикотаж саноатини янада ривожлантириш чора-тадбирлари дастури тўғрисида»ги қарори соҳада янги имкониятлар эшигини очди. Мазкур дастур 2020-йилга қадар юртимизда етиштирилган пахта толасини тўлиқ қайта ишлаш, саноат маҳсулотлари ишлаб чиқариш ва экспорт салоҳиятини 2.7 баробардан кўпроққа ошириш ҳамда ички ва ташқи бозорга етказиб беришни назарда тутди. Бу енгил саноат тармоғининг янги рақобатбардош қиёфасини яратиш ва жаҳон савдо майдонларига ишончли кириб боришимизни таъминлайди. Таҳлилларга кўра, ҳозир экспортнинг қарийб 50 %ни ип-калава ташкил этмоқда.

Сепаратор пахтани дастлабки ишлаш технологиясида хомашёни ташувчи ҳаводан ажратиш учун мўлжалланган бўлиб, у қурилма охирида вентиллятордан олдин ўрнатилади. Сепараторнинг асосий ишчи қисмлари ажратиш камераси, тўрли юза ва ҳаводан ажраган пахтани ташқарига чиқариб турувчи вакуум-клапан ҳисобланади. Сепараторларда хомашёни ҳаводан ажратиш берадиган қисми тўрли юза бўлиб, унга ёпишган пахта эгилувчан элементли қирғич ёрдамида тозаланади.

СС-15А маркали сепараторни бошланғич конструкция сифатида қабул қилиб, унинг асосий ишчи қисмлари – қирғич, тўрли юза ва вакуум-клапан бўйича ўтказилган назарий тадқиқотлар натижасини ҳисобга олган ҳолда сепараторнинг экспериментал конструкциясини ишлаб чиқилди ва уни амалий тадқиқотлар ўтказиш учун тайёрланди. Олиб борилган изланишлар натижаси, сепаратор ишчи камерасида пахта толаси ва чигити шикастланади ҳамда унинг самарадорлиги пастлигини кўрсатди. Шунинг учун илмий тадқиқотлар натижасида самарадорлиги юқори бўлган пахтанинг табиий хусусиятларига таъсир этмайдиган янги сепаратор конструкциясини ишлаб чиқиш мақсад қилиб олинди.

Пахта сепаратори самарадорлигининг камайишига асосий сабаб ҳаводан ажратиладиган пахтанинг асосий қисмини тўр юзаси билан учрашишидир. Тўрли юза билан пахтанинг учрашуви унинг сифат кўрсаткичларининг ёмонлашувиغا, сепараторнинг аэродинамик қаршиликларини ошишига олиб келади. Чунки тўрли юза деярли тўлиқ пахта билан қопланади ва унинг қирғич билан тозаланадиган кичик қисмидагина ҳаво сўралади [2 – 5]. Юқоридаги фикрлардан келиб чиқиб, тўрли юза билан учрашадиган пахта микдорининг камайтириш мақсадида сепаратор конструкцияси такомиллаштирилди. Унда чигитли пахтани ҳаводан ажратиш камерасининг кириш қувурига стерженлар шаклидаги йўналтиргич ўрнатилди. Унинг афзаллиги юқорида таъкидланганидек пахта ҳам ашёсининг асосий қисмини тўғридан-тўғри вакуум-клапанга йўналтиришидадир (1-расм). Сепаратор кириш қувури ёнида тўғри ҳолда ўрнатилган стерженли йўналтиргич текшириб кўрилди.



1-расм. Йўналтиргичли ажратиш камерасининг схемаси: 1 – кириш қувири; 2 – йўналтиргич стерженлар; 3 – тўрли юза; 4 – қирғич; 5 – ҳаво чиқариш қувири

Мазкур камерали сепаратор қуйидагича ишлайди. Кириш қузури (1) дан кириб келган пахта ҳаво оқими таъсирида тўрли юза томон йўналади, лекин йўналтиргичлар (2) бўлганлиги сабабли асосий масса пастга вакуум-клапан томон сурилади. Бу ишчи камерада пахта хомашёсининг тўрли юза (3) билан учрашиш эҳтимоллиги камайиши назарда тутилган. Ушбу камера йўналтиригичларининг геометрик катталикларини (қалинлиги b , узунлиги l) ҳам ўзгартириб тажрибалар ўтказиш имконияти мавжуд.

Йўналтиргичлар учун диаметри 14 мм бўлган пўлат стерженлардан фойдаланилди. Мазкур стерженлар ишлов беришга, эгишга ва камера ичига жойлаштириш ва алмаштиришга қулайдир. Йўналтиргичлар сепаратор камераси ичига махсус мослама ёрдамида ўрнатилди. Бу мослама ўрнатилиши натижасида уларни керакли ўлчамларга алмаштириш имконияти яратилди. Тажриба ўтказиш вақтида йўналтиргичлар сепараторнинг кириш қисмига пайвандланди ҳамда пахта хомашёси йўналиши томон ўрнатилди (2-расм).



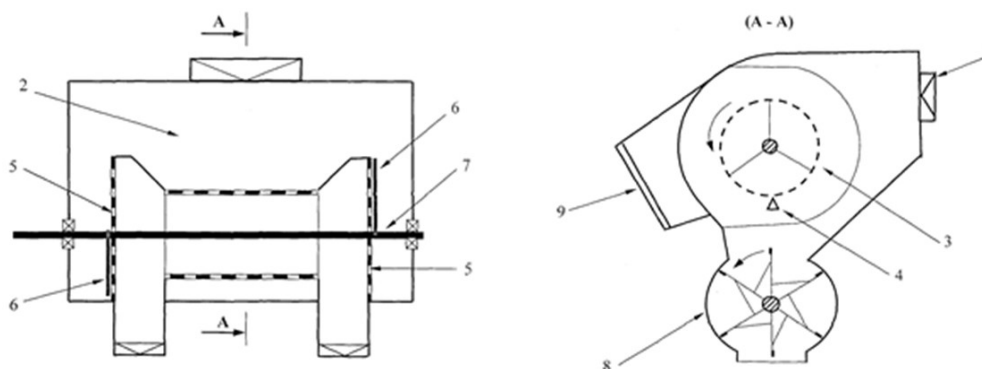
2-расм. Йўналтиргич ўрнатилган сепаратор ишчи камераси: 1— кириш қузури; 2 — йўналтиргичлар; 3 — тўрли юза

Қўлланиб келинаётган сепараторлардан фарқли ишчи камерасида горизонтал текисликда жойлаштирилган тўрли юзалар ёрдамида сўриладиган ҳаво миқдори иккига бўлиниб кетади ва амалдаги сепаратор ишчи камерасидан таклиф қилаётган сепаратор ишчи камераси каттароқ бўлади. Бу эса ишчи камерага кириб келган пахтани кўп қисмини инерция кучи таъсирида вакуум-клапанга тушишини таъминлайди. Бу ишчи камерага кириб келаётган пахтанинг тўрли юзаларга қараб ҳаракатланиш эҳтимолини камайтиради. Ўз навбатида пахтани чизикли ҳаракатини таъминлаш имконияти яратилади. Тўрли юзаларни сепаратор ишчи камерасида жойлашиши кириш қузурига тескари жойлашиши натижаси кириб келган пахтанинг тўрли юзаларга бориб урилиб пахтанинг табиий хусусиятларининг маълум даражада сақлаб қолинди.

Сепаратор ишчи камерасига кириб келган пахтанинг тўрли юза билан учрашишини камайитириш ҳамда тўрли юзанинг фойдали юзасини ошириш мақсадида ишчи камерага қўшимча ўзгартиришлар киритилди. Натижада сепаратор ҳаво сўрувчи қувурларини ишчи камера ичига жойлаштириб пахтани ҳаво билан учрашишини камайитирилди ва ҳаво қувурлари орасига цилиндрик тўрли барабан ўрнатилиб улар орасида ҳосил бўладиган ҳаво уюрмасини бартараф қилишга эришилди (3-расм).

Янги сепаратор қўлланиб келинаётган сепараторлардан фарқи ишчи камерада горизонтал текисликда жойлаштирилган тўрли юзалар ёрдамида сўриладиган ҳаво миқдори иккига бўлиниб кетади ва амалдаги сепаратор ишчи камерасидан таклиф қилаётган сепаратор ишчи камераси каттароқ бўлади. Бу эса ишчи камерага кириб келган пахтанинг кўп қисмини инерция кучи таъсирида вакуум-клапанга тушишини таъминлайди, ҳамда ишчи камерага кириб келаётган пахтанинг тўрли юзаларга қараб ҳаракатланиш эҳтимолини камайтиради. Ўз навбатида пахтанинг чизикли ҳаракатини таъминлаш имконияти яратилади. Тўрли юзаларни сепаратор ишчи камерасида кириш қузурига тескари жойлашиши натижаси кириб келган пахтанинг тўрли юзаларга бориб урилиб пахтанинг табиий хусусиятларининг маълум даражада сақлаб қолишга эришилади. Бу икки тўрли юза оралиғига ўрнатилган тўрли барабаннинг тешиклари диаметри мавжуд тўрли юза тешиклари диаметрига нисбатан кичикроқ қилиб танланганлиги сабабли ва

тўрли юзадаги чанг хавони сўриш миқдори икки баробаргача ошганлиги муносабати билан сепаратор ишчи камерасидаги ҳаво бомсими камаяди.

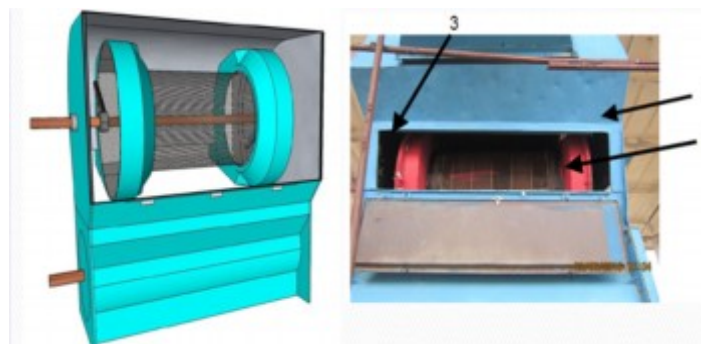


3-расм. Янги сепаратор схемаси: 1 – кириш қувири, 2 – ажратиш камераси, 3 – тўрли барабан, 4 – тўрли барабан сидирғичи, 5 – тўрли диск, 6 – сидирғич, 7 – сидирғич вали, 8 – вакуум-клапан, 9 – ҳаво чиқариш қувири

Тўрли сиртни бундай жойлаштирилиши пахтани ҳаводан ажратиб олишнинг янги усулда бўлишини таъминлайди. Бу сепараторнинг яна бир афзаллик томони шундаки, у ишлаганда қўшимча энергия талаб қилмайди ва ишчи камера каттарок бўлганлиги сабабли, кириб келган пахтанинг сепаратор деворига бориб урилиши камаяди.

Юқоридагиларни изланишлар натижасида тадқиқотлар ўтказиш учун янги сепараторнинг конструкцияси таклиф қилинди.

Назарий тадқиқотлар асосида пахта хом ашёсини ташиб келаётган ҳаводан ажратиб берадиган тўрли барабанли сепаратор тайёрланди (4-расм).



4-расм. Тўрли барабанли пахта сепаратори: 1 – сепараторнинг ишчи камераси; 2 – тўрли барабан; 3 – ҳаво сўрадиган канал

Сепаратор қуйидаги тартибда ишлайди. Кириш қувиридан ишчи камерага кириб келаётган пахтанинг маълум бир қисми ҳавони сўриб олиш учун мўлжалланган тўрли юзалар ва тўрли барабанга қараб ҳаракатланади, бу ерда тўрли юзалар ичкарига қараб ҳавони бир хил тартибда тортиши ҳисобига ишчи камерага кириб келган пахта тўрли сиртга тўғридан-тўғри бориб ёпишиш эҳтимоли камайтиради, тўрли барабан эса кириш қувири қаршисида бўлганлиги учун кириб келган пахтанинг асосий қисмини тозаланади ва ишчи камеранинг ҳажми ҳамда тўрли юзанинг фойдали иш қисми олдинги сепараторларга нисбатан катталашганлиги боис пахта бўлакчаси тезлиги кескин камайиб асосий қисми ўз оғирлиги таъсирида вакуум клапанга тушади. Ҳамда қисман тўрли юзаларга ёпишган пахтани валга маҳкамланган сидирғич билан, тўрли барабанга ёпишган пахтани сидирғич ёрдамида вакуум клапанга тушириб юборилади. Вакуум-клапан паракларига тушган пахта кейинги жараёнган ўтказиб юборилади.

Таклиф қилинган йўналтиргич ҳамда тўрли барабан ўрнатилган сепараторда тажрибалар ўтказилиб технологик жараёнида ифлос аралашмалар таркибидан эркин толаларнинг чиқишини аниқланди ва сепаратор қурилмасидан олдин, сепаратордан сўнг ҳамда таклиф қилинган сепаратордан сўнг толалардан намуналар олиниб пахтани чигитидан ажратиб толанинг сифат кўрсаткичлари аниқланди. Тажрибалар халқаро универсал пахта толаси стандарти бўйича тола сифат кўрсаткичларини аниқлаш учун мўлжалланган HVI 900 SA инструментал лаборатория

тизимида Андижон-35 селекция навидаги толаларда ўтказилган тадқиқот натижаларини қуйидаги 1-жадвалда кўрсатилмоқда. HVI 900 SA инструментал лаборатория тизимидаги атама ва сифат кўрсаткичлари халқаро универсал пахта стандарта асосида берилмоқда: Сепаратор машинасининг кириш қисмига йўналтиргичлар ҳамда тўрли барабанли ўрнатилгандан сўнг тажриба ўтказилганда, тола намуналари «Аграсаноат мажмуида хизмат кўрсатиш маркази» ДУК Наманган вилояти филиали лаборатория марказидаги HVI-900SA лаборатория тизимида синовдан ўтказиш натижаларидан келиб чиқиб ижобий натижалар олинганлиги аниқланди.

СС-15А маркали сепараторга кириш олдида ва чиқишидан сўнг ҳамда таклиф қилинган сепаратордан сўнг аниқланган сифат кўрсаткичлари (пахтани жинлангандан сўнг: I саноат нави, 1-синф учун пахта намлиги 9.6 %, ифлослиги 2.8 %, селекция нави Андижон-35; V саноат нави, 3-синф учун пахта намлиги 22 %, ифлослиги 22 %, селекция нави Андижон-35) (жадвал).

HVI 900 SA лаборатория тизимида Андижон-35 селекция I ва V-навларда ўтказилган тадқиқот натижалари

Толанинг сифат кўрсаткичлари	СС-15А сепараторга олдин		СС-15А сепаратордан кейин		Такомиллаштирилган сепаратордан кейин	
	I -нав	V -нав	I -нав	V -нав	I -нав	V -нав
Len Толанинг юқори ўртача узунлиги, дюйм	1.17	1.15	1.19	1.15	1.20	1.15
Unf Узунлик бўйича бир хиллик, %	85.0	82.7	85.2	83.7	85.4	83.9
SFI Калта толанинг индекси, %	3.8	9.2	3.4	6.9	3.8	6.7
Mic Микронейр, толанинг пишиб етилганлиги ва ингичкалиги (basis 3.5-4.9)	4.7	3.4	4.7	3.5	4.5	3.5
Elg Узилишдаги узайиши, %	5.7	3.9	5.7	4.1	5.8	4.4
Str Солиштирма узайиш кучи, гс/текс	35.0	31.2	36.1	30.0	36.5	31.4
Rd Нур қайтариш коэффициент, %	69.1	51.4	70.2	51.6	70.2	51.8
+b Толанинг сарғайиш даражаси	8.8	10.4	8.1	9.2	8.0	9.1
Trash Ифлослик коди	3	10	2	10	1	8
Snt Ифлос аралашмалар миқдори	20	33	9	44	8	18
Area Ифлос аралашмалар майдони, %	0.3	1.0	0.2	1.0	0.1	0.8
CG Ранги бўйича нави	41-4	63-4	41-4	74-2	31-3	53-2
Чигит бўйича ўтказилган тадқиқотлар						
Чигит намлиги, W	9.6	14.5	9.6	14.5	9.4	14.2
Чигит ифлослиги, 3 %	3.25	25.0	3.20	23.0	2.9	21.6
Чигит шикастланиши, % (Пахтани саноат нави 1 /1, 2/1, 5/2)	1.35	2.05	1.50	2.90	1.30	2.0

Хулосалар. Такомиллаштирилган йўналтиргич ҳамда тўрли барабанли сепараторни ишлаб чиқаришда дастлабки синов натижалари ўтказилганда биринчи сорт биринчи синф пахтани ўрганилганда пахтадаги нуқсон ва ифлос аралашмалар миқдорини 0.4 % га камайиши натижасида толанинг умумий ишлаб чиқарилган 20 % толанинг шикастланиши мавжуд сепараторларга нисбатан камайиши кузатилди. Шунингдек сепараторда толанинг йўқолишини ўрганиш натижасида шу нарса аниқландики, мавжуд сепаратор қурилмасида пахтани дастлабки қайта ишлашда толани йўқолишини навлар бўйича I, II навларда – 0.7 кг/соат ва III, IV, V навларда – 3.78 кг/соат ташкил этади. Такомиллашган сепаратор қурилмасида бу кўрсаткич 0.26 кг/соат ва 1.96 кг/соатга тенг бўлиши кузатилди. Бундан ташқари Unf-узунлиги бўйича бир хиллик 0.2 % эркин толалар таркибида калта толалар индекси 0.3 % га камайиши солиштиштирма узилиш кучи 0.2 % ва Elg- узунликдаги узайиши 0.15 % ошганлигини кўрсатади.

- [1] Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги «Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги ПФ-4947-сон Фармони.
- [2] Мурадов Р. Пахтани дастлабки ишлаш технологиясидаги ташиш жараёнининг самарадорлигини ошириш асослари. Тех. фан. докт. диссертацияси. Тошкент. 2004. – 289 б.
- [3] Янгибоев Ю.Д., Мардонов Б., Мурадов Р. Изучение процесса съема хлопка-сырца с поверхности сепаратора СС-15А с наклонным скребком // Журнал «Хлопковая промышленность». 1984. № 5. С. 12 – 14.
- [4] Мурадов Р. Сепараторнинг турли юзасига пахтанинг келиб урилишини камайтириш усули // “Механика муаммолари” Ўзбекистон журналы. Тошкент. 2000. № 3. 77 – 80 б.
- [5] Маматкулов О., Каримов А., Исаханов Х. Тақомиллашган сепаратор ишчи камерасидаги пахта бўлакчалари ҳаракатининг назарий ва амалий тадқиқоти // “Механика муаммолари” Ўзбекистон журналы. Тошкент. 2014. № 2. 106 – 109 б.

Наманган муҳандислик- технология институти

26.03.2019
қабул қилинган

О. Маматкулов, Н. Орипов, Р. Мурадов. Внедрение нового сепаратора в производственный процесс и его испытание

Указано, что в настоящее время сепаратор марки СС-15А используется для отделения хлопка-сырца от воздуха на хлопкоочистительных заводах. Обосновано, что основным недостатком при этом являются высокое энергопотребление и потеря определенного количества волокон. Предложено для устранения этих недостатков новое улучшенное сепараторное устройство. Показано, что в процессе отделения хлопка-сырца от воздуха оно позволяет избежать потерю волокна и повреждение семян. С целью предотвращения потери волокна полезная поверхность устройства была увеличена на сетчатую поверхность в рабочей камере и произведено крепление направляющего стального стержня.

O. Mamatkulov, N. Oripov, R. Muradov. Implementation a new separator and testing on the production process

Currently, an SS-15A separator is used to separate raw cotton from cotton air in cotton ginning plants. The main disadvantage of this is high power consumption and loss of a certain amount of fibers. To overcome these disadvantages, A new improved separator device was proposed. In the process of separating raw cotton from air, it avoids fiber loss and damage to seeds. In order to prevent the loss of fiber, the useful surface of the device was increased, and a guide steel rod on the mesh surface was fixed in the working chamber.

УДК 624.131.4: 621.643

У. РАХМАНОВ

ОЦЕНКА УСИЛИЙ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ ТРУБОПРОВОДА ПРИ СКОРОСТНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ГРУНТОМ

При расчете подземных трубопроводов возникает необходимость определения напряженно-деформированного состояния трубы при относительном смещении с грунтом. С момента выхода монографии [1] проведен ряд лабораторных и натурных экспериментальных исследований по изучению взаимодействия элементов подземных трубопроводов с грунтом и между собой в разнообразных условиях. Результаты этих исследований опубликованы в различных научных журналах и сборниках.

В работе [2] Г.Х. Хожметовым определены параметры, характеризующие взаимодействие элементов подземных трубопроводов между собой и с грунтами в различных условиях.

Установлено, что зависимость между силами взаимодействия сооружения с грунтом и относительным перемещением трубопровода аналогична кривой напряжение – деформация для упругопластического материала, поэтому для связи между касательным напряжением и относительным смещением может быть использована нелинейная зависимость напряжения от деформации упругопластического материала.

Изучение сейсмостойкости трубопроводов ведется, в основном, в двух направлениях: определяются линейные и нелинейные силы трения между трубой и окружающим грунтом, относительные перемещения между ними. Следует подчеркнуть важность создания математических моделей грунтовой среды, модели взаимодействия трубопроводов с грунтом, так как именно они определяют ту или иную расчетную схему исследуемых систем. Модельные испытания

по определению характеристик нелинейного взаимодействия проводятся параллельно с аналитическим решением задачи.

При оценке повреждаемости трубопроводов во всех случаях следует учитывать условия работы труб в окружающем грунте, а также распространение сейсмических волн и направление трубопроводов, так как именно эти характеристики существенно влияют на величину сейсмических напряжений, возникающих в трубопроводах.

Особый интерес вызывает скоростное взаимодействие трубопровода и грунта. Исследования несущей способности трубопровода при скоростном взаимодействии с грунтом ранее не проводились. Случаи скоростного взаимодействия трубопровода и грунта могут наблюдаться в оползневых зонах, зонах активных тектонических разломов (АТР) и др. При этом следует учитывать упруговязкопластические свойства грунта.

Рассмотрим пересечение трубопровода с зоной АТР. Тектонические разломы представляют опасность из-за возможных относительных смещений массива грунта в зоне разлома передачи трубопроводу больших нагрузок. Смещения могут происходить со значительными скоростями (сейсмогенные подвижки), вплоть до скорости распространения поперечной волны в грунте [3]. Существующие методы расчета нагрузок на трубопровод в зонах АТР не учитывают вязкопластические свойства грунтов при скоростных смещениях. Возникает задача определения внешних нагрузок на трубопровод, при которых происходит необратимая потеря формы сечения в условиях динамического взаимодействия трубопровода и грунта.

Для определения внешних нагрузок по контуру трубопровода рассмотрим жесткую круглую трубу единичной длины, уложенную в траншею. Принимаем, что при движении трубопровода с обратной стороны сечения отсутствует взаимодействие с ним грунта, либо оно пренебрежимо мало. Будем считать, что усилия со стороны грунта засыпки малы по сравнению с усилиями, возникающими при движении трубопровода. Допустим, что траншея полностью повторяет его контур и до начала движения грунт является однородной, ненарушенной средой. Скорость относительного смещения трубопровода и грунта $v = \text{const}$.

Для определения распределения внешней нагрузки q по контуру трубы радиусом R_T выделим круговой сегмент единичной длины da (α – угол), взаимодействующий с грунтом (рис. 1) [4]. Если нагрузка на грунт не превышает предельную, при которой относительное смещение трубопровода и грунта y меньше предельного смещения y_p , то грунт проявляет упруговязкие свойства. Когда наступает предельное состояние грунта, распределенная нагрузка при допредельном состоянии грунта определяется из системы уравнений

$$\begin{cases} q = \frac{3 \cdot y \cdot b(t)}{2 \cdot R} \cdot \cos(\alpha), \\ b(t) = n \cdot (c - h) \cdot \frac{e^{\frac{t}{n}} - 1}{t} + c, \end{cases} \quad (1)$$

где $t = y/v$ – время взаимодействия трубопровода с грунтом; y – относительное смещение трубопровода и грунта; n – время релаксации грунта; c, h – нормальное сопротивление грунта соответственно при статической и динамической нагрузках; $b(t)$ – параметр, обозначающий упруговязкое сопротивление грунта.

При $y > y_{np}$ грунт проявляет упруговязкопластические свойства, в таком случае распределенная нагрузка

$$\begin{cases} q = \frac{3 \cdot (y \cdot b_{np}(t) + y_{np} \cdot c)}{2 \cdot R} \cdot \cos \alpha, \\ b_{np}(t) = n \cdot (c - h) \cdot \frac{e^{\frac{t}{n}} - 1}{t}, \end{cases} \quad (2)$$

где $b_{np}(t)$ – параметр, обозначающий упруговязкопластическое сопротивление грунта (реализуется при наступлении предельного состояния грунта).

Формулы (1) – (2) позволяют определить распределение внешних усилий по контуру трубы при относительном движении трубопровода и грунта с определенной скоростью. Максимальная внешняя нагрузка q_{max} возникает при угле $\alpha=0$.

Зная распределение внешних нагрузок, найдем напряжения, возникающие по контуру трубы. Для определения напряженного состояния трубопровода рассмотрим цилиндрическую тонкостенную оболочку с внутренним давлением и внешней нагрузкой. Вырежем из оболочки толщиной δ элементарное кольцо единичной длины dx (рис. 2).

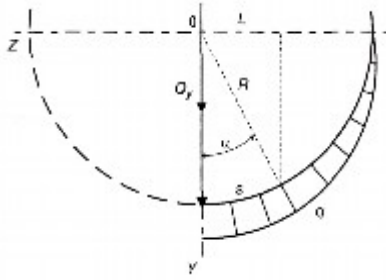


Рис. 1. Схема распределения внешней нагрузки по контуру трубы: Q_y – геометрическая сумма всех активных сил; α – текущий угол, в котором определяется напряженное состояние; S – длина сегмента, определяемая углом α ; L – проекция сегмента S на ось OZ

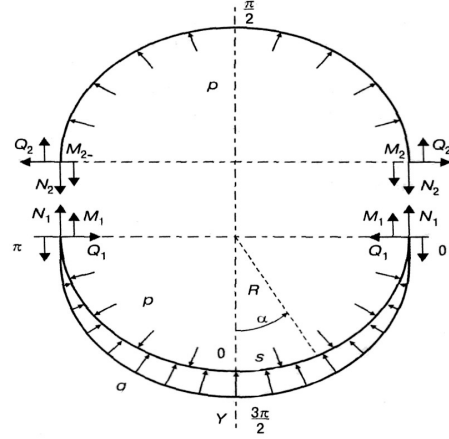


Рис. 2. Силы, действующие на кольцо единичной длины: p – внутреннее давление; N_1, N_2 – внутренние продольные силы; Q_1, Q_2 – внутренние поперечные силы; M_1, M_2 – внутренние моменты, возникающие в стенке трубы

Составляя и преобразовывая уравнения равновесия [5], а также учитывая полученные законы распределения внешней нагрузки и действие ее только на половину трубы, взаимодействующей с грунтом, систему дифференциальных уравнений, описывающих напряженное состояние стенки трубы, запишем в следующем виде:

при $0 < s < \pi R, y < y_{np}$

$$\frac{d^2}{ds^2} \left(EJ \frac{d^2 w_1}{ds^2} \right) + \frac{d^2}{ds^2} \left(EJ \frac{w_1}{R^2} \right) + \frac{w_1}{R^2} E \delta = \frac{3yb(t)}{2R} \sin \left(\frac{180s}{\pi R} \right) - p; \quad (3)$$

при $0 < s < \pi R, y > y_{np}$

$$\frac{d^2}{ds^2} \left(EJ \frac{d^2 w_1}{ds^2} \right) + \frac{d^2}{ds^2} \left(EJ \frac{w_1}{R^2} \right) + \frac{w_1}{R^2} E \delta = \frac{3(yb(t) + y_{np})}{2R} \sin \left(\frac{180s}{\pi R} \right) - p; \quad (4)$$

при $\pi R < s < 2\pi R$

$$\frac{d^2}{ds^2} \left(EJ \frac{d^2 w_2}{ds^2} \right) + \frac{d^2}{ds^2} \left(EJ \frac{w_2}{R^2} \right) + \frac{w_2}{R^2} E \delta = -p, \quad (5)$$

где w_1 и w_2 – перемещения трубы в зонах $0 < s < \pi R$ и $\pi R < s < 2\pi R$; E – переменный модуль упругости стали; J – момент инерции; δ – толщина стенки трубопровода.

Граничные условия при $s=0$ и $s=\pi R$ записываются в виде

$$w_1 = w_2; \frac{dw_1}{ds} = \frac{dw_2}{ds}; \frac{d^2 w_1}{ds^2} = \frac{d^2 w_2}{ds^2}; \frac{d^3 w_1}{ds^3} = \frac{d^3 w_2}{ds^3}. \quad (6)$$

Таким образом, сформулирована задача исследования несущей способности трубопровода при скоростном взаимодействии с грунтом, описываемой системой уравнений (3) – (5) с граничными условиями (6), из которой можно определить распределение внешних нагрузок. Сейсмостойкость подземных трубопроводов в такой постановке рассматривается впервые. Зная распределение внешних нагрузок, можно найти напряжения, возникающие по контуру трубы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рашидов Т.Р. Динамическая теория сложных систем подземных сооружений. Ташкент: Фан, 1973. – 179 с.
- [2] Хожметов Г.Х. Экспериментально-теоретическое исследование параметров сейсмодинамики подземных сооружений: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. М., 1979. – 43 с.
- [3] Bondar N. G. Nelineynye ovtonomnye sistemystroitel'noy mekhaniki (Nonlinear autonomous systems of structural mechanics). Moscow: Stroyizdat Publ., 1972. – 128 p.
- [4] Крайн Г.К. Raschet trub. ulozhennykh v zemle (Calculation of pipes laid in the ground). Moscow: Gosstroyizdat Publ., 1957. – 147 p.
- [5] Sankov V.A., Lukhnev A.V., Miroschnichenko A.I. Izuchenie kinematiki razlomov Isentralnoy chosti Baykalskogo rifta s primeneniem kompleksa radi-ogeodezicheskikh i geologo-geofizicheskikh metodov (The study of the kinematics of the faults of the central part of the Baikal Rift using a set of radi-ogeodetic and geological and geophysical methods). Irkutsk: Publ. of Insritui zemnoy kory SO RAN. P. 532 – 538.

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

Дата поступления
28.01.2019

У. Рахманов. Грунт билан катта тезликдаги ўзаротаъсирда бўлган қувур кесими мувозанатининг йўқотилишидаги зўриқишни баҳолаш

Мақолада фаол тектоник ёриқ зонасида жойлашган қувурнинг грунт билан катта тезликда ўзаротаъсирда бўлган ҳолда унинг кесими мувозанатининг йўқотилишини аниқлаш бўйича дифференциал тенгламалар тузилган ва чегаравий шартлар танланган. Бу масала ечилса қувур кесимидаги зўриқишларни аниқлаш мумкин.

U. Rahmanov. Evaluation of the loss of stability of the cross section of the pipeline in the high-speed interaction with the ground

The article discusses a method for determining external loads on a pipeline, under which an irreversible loss of section shape occurs under conditions of dynamic interaction between a pipeline and a ground. Differential equilibrium equations of a pipeline with a ground are derived at their high-speed interaction. Solving the equilibrium equation, you can determine the stress in the cross section of the pipeline.

УЎК 677.21.021.152

Н. РАЖАПОВА, Е. ТАДАЕВА, Р. МУРАДОВ

ПАХТАНИ ТОЗАЛАШ ЗАВОДЛАРИДА ТОЛА СИФАТИНИ ЯХШИЛАШ ЙЎЛЛАРИ

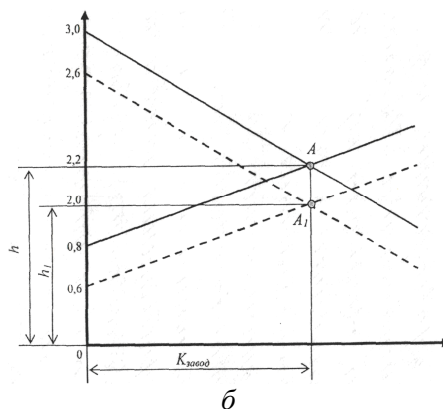
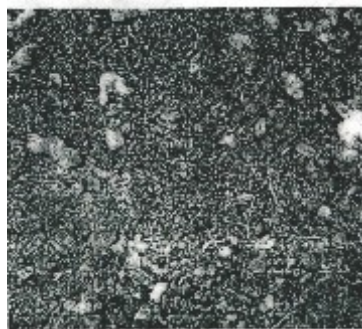
Бугунги кунда пахтани қайта ишлаш технологик жараёнига қуйиладиган асосий талабларидан бири бу қимматбаҳо хом ашёнинг табиий хусусиятларини сақлаб қолган ҳолда қайта ишлаб сифатли тола олишдир.

Пахтанинг табиий хусусиятларининг бузилишини уни қайта ишлаш вақтида асосан пахтани тозалаш заводлари технологик жараёнига ўрнатилган машиналарининг ишчи органлари таъсирида чигитнинг шикастланиши ҳисобига содир этилади. Пахтани ғарамлардан асосий цехларга ҳаво ёрдамида қувурларда ташишда ҳамда тозалаш жараёнида 1.6 – 1.8% атрофида чигитнинг шикастланиши кузатилади. Шунинг учун пахтани ҳаво ёрдамида қувурларда ташиш ва тозалаш жараёнлари билан шуғилланган тадқиқотчиларнинг асосий диққат-эътибори чигитнинг чигитнинг шикастланишини ўрганишга ва уни камайтиришга қаратилган [1, 2].

Пахтанинг қувурлардаги ҳаракати ҳаво оқимининг динамик босимидан юзага келган куч ҳисобидан амалга оширилади. Бу куч таъсирида пахтанинг қувур ичида учиш тезлиги юзага келади. Пахта бўлакчасининг диаметри қанча катта бўлса, унинг учиш тезлиги ҳам шунча катта бўлади. Мана шу тезлик пахтанинг қувур ичидаги муаллақ ҳолатида бўлишини таъминлаш учун ҳаво оқимининг хом ашёга кўрсатган босими унинг оғирлигига тенг бўлиши керак.

1- расм схемасида келтирилган графикда Y ўқ бўйлаб пахтанинг ифлослиги X ўқ бўйлаб эса тозалаш машиналарида ўтишлар сони кўрсатилган. Бу графикда 1 оғма чизик пахтанинг таркибидан ифлос аралашмаларнинг камайишини кўрсатади. 2 оғма чизик эса пахтани тозалаш машиналаридан ўтиши натижасида чигитнинг шикастланиши ҳисобига толанинг таркибидан нуксонлар ҳосил бўлиши кўрсатилган.

Бу чизикларнинг кесишган нуқтаси A да толанинг сифати ва ифлослик миқдори оптимал бўлишини таъминланган (1-расм).



a

б

в

1-расм. Пахта таркибидаги майда ифлосликлар ва нуқсонларни тозалаш жараёнига боғлиқлик схемаси:
a– пахтанинг таркибидаги майда ва йирик ифлосликлар; *б* – пахта ифлослигини тозалаш машиналарида ўтишлар сонига боғлиқлиги; *в* – чигит шикастланиши натижасида толада ҳосил бўладиган нуқсонлар

Мана шу A нуқтасини пахта туширишнинг 3 оғма чизик ёрдамида амалга оширилади. Бу 3 оғма чизик толаснинг табиий хусусиятга таъсир қилмасдан тозалашни амалга оширилади. Натижада 2 оғма чизик бўйича толасининг таркибида кўшимча нуқсонлари ҳосил бўлмайди яъни у ўзгармайди.

Пахтани хом ашёсини тозалаш жараёнида унинг таркибидаги ифлос аралашмаларни тўла ажратиш олиш мақсадида қозикчали барабанлардан ташкил топган тозалаш машиналаридан бир неча марта ўтказилади. Бу эса пахтага бўлган механик таъсирини кўпайтириб, тола таркибида кўшимча нуқсонларни пайдо бўлишига олиб келади. Пахтани камроқ механик таъсирида бўлиши учун тозалаш машиналарининг самарадорлигини ошириш ва ишлаш жараёнини ўзгартириш лозим.

Пахтани пневмотранспортда ташиш жараёнида унинг таркибида майда ифлосликлар миқдорини камайтирсак у холда уни тозалаш жараёнидаги график 1-расмда штрих чизик билан кўрсатилган холда бўлади. Қозикчали барабанлардан ўтиш натижаларида толада ҳосил бўладиган нуқсонлар миқдорида ўзгариш бўлмаганлиги сабабли графикли ўзгаришсиз қолди.

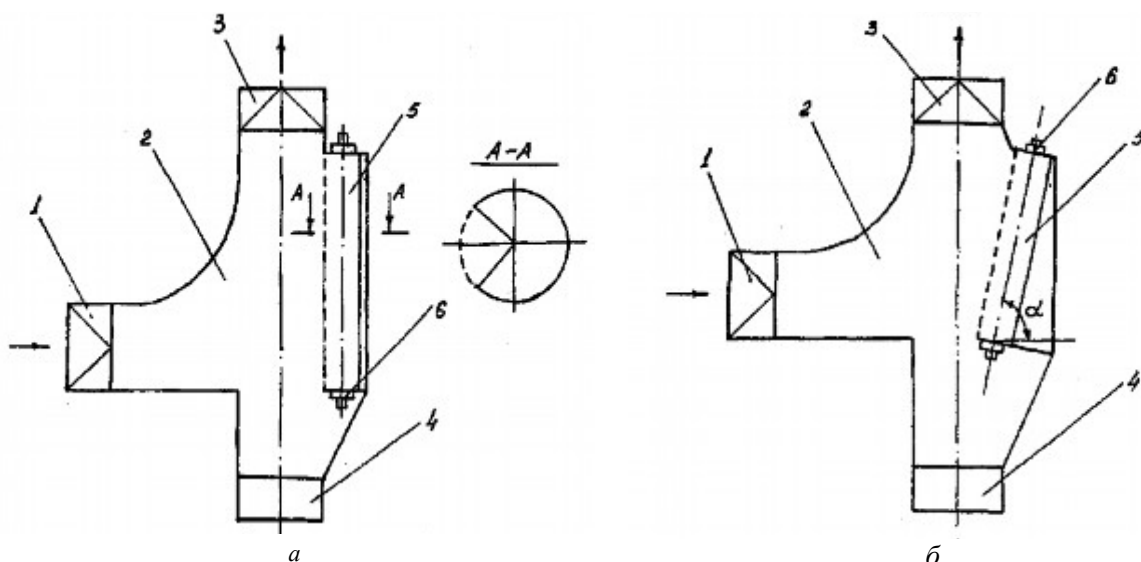
Пахтанинг таркибида ифлосликлар миқдорини ифодаловчи график тола таркибидаги нуқсонларни ҳосил бўлишини ифодаловчи график билан кесишида ҳосил бўладиган A нуқта A_1 нуқтага кўчади.

Мана шу нуқталар орасидаги фарқ пахтани қайта ишлаш жараёнида толанинг таркибида ҳосил бўладиган нуқсонларни камайтиришини кўрсатади. Демак пахтани пневмотранспортлар қувурларида ташиш жараёнида чигитни шикастламасдан майда ифлосликлардан тозалаб олиш толанинг таркибида турли хил нуқсонларнинг ҳосил бўлишини камайтириш имконини беради.

Маълумки, ифлос аралашмалар пахтага ишлаш жиҳатидан пасив ва актив турда бўлади. Пасив ифлосликлар енгил силкитилганда пахтадан осон ажралади. Актив ифлосликлар пахтадан қийин ажралади. Актив ифлосликларни пахтадан ажратиш учун уларни олдин пасив ҳолатга келтириш зарур таклиф қилинаётган турли юзани тебратиш йўли билан актив ифлосликларни пахтадан тезроқ ажралиб чиқиб кетиши имконияти пайдо бўлади. Ўтказилган назарий тадқиқотлардан маълум бўлишича турли юза тебратилганда унда пахта бўлакчасининг ҳаракат траекторияси ўзгаради. Бу ўзгариш пахта бўлагининг турли юзада узокроқ нотекис траекторияга ҳаракатлаши имкониятини яратади. Бугунги кунда мана шу фикрларни тажрибада текшириб кўриш учун ма-софа экспериментал қурилма тайёрланмоқда. Бу мослама турли сиртга тебранма ҳаракат бериш билан бирга унинг фойдали юзасини ошириш имконини ҳам беради [3].

Пневмотранспорт заводнинг ҳамма цехларида узлуксиз технологик процессга уланган бўлиб, унинг нормал ишлаши завод цехларининг иш унумига катта таъсир қилади.

Бундан ташқари пахта узатувчи қувурларнинг 900 буралган қисмларига ҳам урилиб, сифа-тини йўқотиши мумкин. бунинг олдини олиш учун тоштутгич қурилмасининг ишчи камерасида эластик равишда ишловчи деформацияланувчи турли барабан ўрнатилган (2-расм).



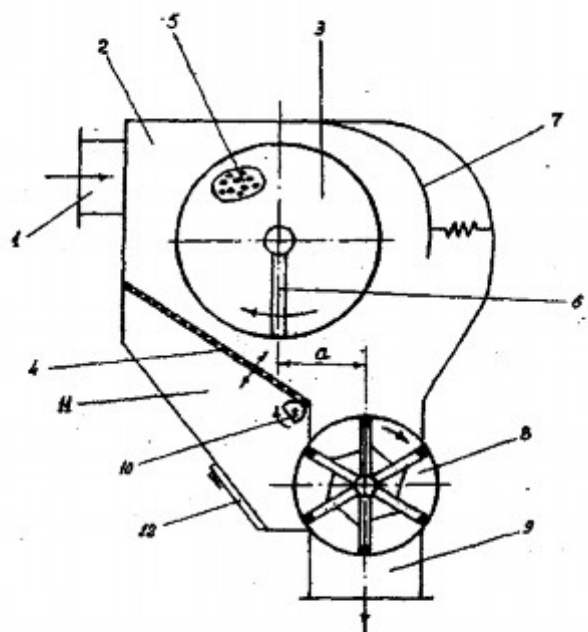
2-расм. Пахта хом ашёси учун тош тутгич. IAP 02993: *а* – тўрли барабан вертикал жойлашган, *б* – тўрли барабан бурчак остида жойлашган 1 – кириш қувури, 2 – ажратиш камераси, 3 – чиқиш қувури, 4 – оғир аралашмалар йиғувчи чўнтак, 5 – 60° бурчак остида ўрнатилган тўрли барабан, 6 – эластик асос

Пахтани титиб, бир текисда қувурларга узатиш натижасида хом ашё майда ифлосликлардан ажраган ҳолда ҳаво оқими таъсирида ҳаракатлана бошлайди. Бу ҳолатдан фойдаланиш тоштутгичга ўрнатилган тўрли барабанда пахтанинг таркибидаги майда ифлосликлардан ажратиш олиш имконияти пайдо бўлади. Тўрли барабан эластик асосига ўрнатилганилиги билан бирга у айланиш имкониятига ҳам эга бўлади. Тўрли барабани ички ва ташқи қисмига ўрнатилган кўзғалиш сидирғичлар ёрдамида вақти-вақти билан тозалаб турилади. Тўрли барабанни кўл кучи ёрдамида айлантирилади. Бу унинг тешиқлариغا ҳар хил аралашмаларни текилиб қолишининг олдини олади [4].

Чигитли пахтани пневмотранспорт қурилмасида ташиш жарёнида ҳаво билан аралашган пахта сепаратор ёрдамида ажратилади. Сепараторнинг асосий камчилиги тўрли сиртнинг фойдали юзаси катта бўлмаганлиги сабабли, пахтанинг таркибидаги майда ифлосликларни ажратиш олиш самардорлиги паст бўлади. Бундан ташқари пахта хом ашёси кириш қувурининг қаршисидаги камера деворига урилиши натижасида унинг сифат кўрсаткичларининг бузилиш ҳоллари юз беради.

Юқоридаги камчиликларни барта-раф этиш мақсадида такомиллашган Пахта хом ашёси учун сепаратор (3-расм) таклиф этилди ва ушбу ихтирога № IAP 03225 патент олинган.

Ушбу такомиллашган сепаратор қийдагича ишлайди: Ҳаво билан аралашган пахта хом ашёси кириш қувури 1 орқали пахта бўлими 2 га киради. Пахта бўлими 2 кириш қувури 1 га нисбатан анча кенг бўлганлиги учун пахта тезлиги пасайиб, пахта хом ашёсининг асосий қисми тозаловчи тўрли сирт 4 га, бир қисми йўналтиргич 7 га урилиб вакуум-клапан 8 га тушади ва яна бир оз қисми эса ажратувчи тўрли сиртга ёпишиб қолади. Ёпишиб қолган пахтани сидирғич 6 билан сидирилиб, улар ҳам вакуум-клапан 8 га узатилади. Чанг ҳаво оқими ҳаво бўлими 3



3-расм. Пахта хом ашёси учун сепаратор IAP 03325: 1 – кириш қувури; 2 – сепарация бўлими; 3 – ҳаво бўлими; 4 – тозаловчи тўрли сирт; 5 – ажратувчи тўрли юза; 6 – сидирғич; 7 – йўналтиргич; 8 – вакуум-клапан; 9 – чиқиш қувури; 10 – вибрацияловчи кулачок; 11 – ифлослик йиғувчи чўнтак; 12 – ифлосликлар чиқариш қувури

орқали циклонга чиқиб кетади. Тозаловчи тўрли сирт 4 га тушган пахта вибрацияловчи кулачок 10 орқали тўрли сиртда эланади ва майда ифлосликлардан тозаланиб вакуум-клапан 8 орқали чиқиш қузури 9 га узатилади. Майда ифлосликлар эса ифлослик йиғувчи чўнтак 11 да йиғилади ва ифлосликлар чиқариш қузури 12 орқали ташқарига чиқариб юборилади.

Таклиф қилинаётган сепараторнинг афзаллиги бир вақтнинг ўзида пахтани ҳаво оқимидан ажратади, майда ифлосликлардан кўпроқ тозалайди ҳамда чигит ва толанинг сепаратор деворига урилиб, шикастланишнинг олдини олади [5].

Таклиф қилинган ўзгаришлар ҳисобида пахтани қайта ишловчи машиналарга берилиши вақтида унинг сифати бузилишининг олди олинади. Натижада хом ашё шикастланмайди, толанинг таркибида ҳар хил нуксонлар пайдо бўлмайди. Сифат яхшиланиши ҳисобига корхона катта иқтисодий самара олиш имкониятига эга бўлади.

Шунингдек, тош тутгич, сепаратор ҳамда пахта тозалаш машиналарида чигитнинг шикастланиши мумкин бўлган жойларга материаллар ўрнатиш таклиф қилинади. Шунда толанинг таркибидаги нуксонлар миқдори камайиши ҳисобига сифати яхшиланиб, юқори синф бўйича сотиш имконияти яратилади. Бу эса ўз навбатида корхонага катта иқтисодий самара келтиради.

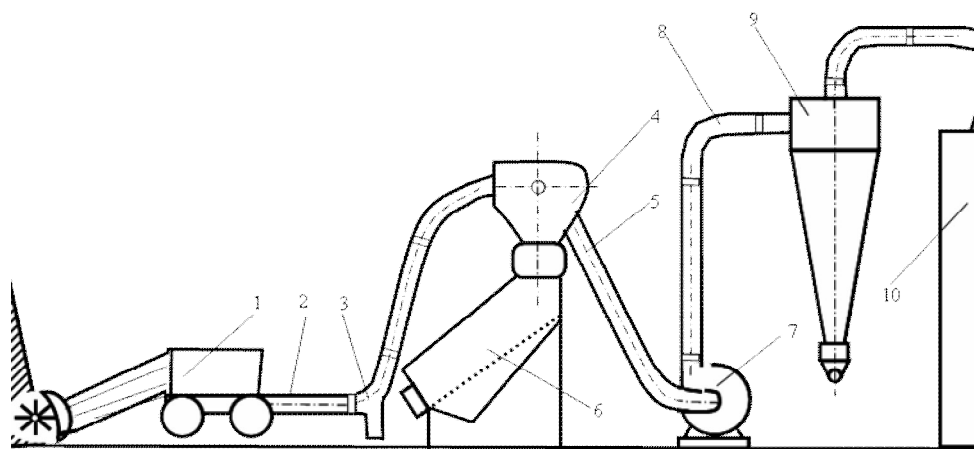
Бугунги кунда пахта хом ашёси асосан қўлда терилаётганлиги боис унинг сифат кўрсаткичлари машина теримига қараганда анча юқори ҳисобланади. Шунга кўра технологик жараёнда пахтани тозалаш машиналаридан бир неча маротаба ўтказиш эҳтиёжи йўқ ҳисоби. Шунинг назарда тутиб кўпгина корхоналар қисқа технологиялардан фойдаланмоқда. Бу усул бир томондан қатор машиналарни қисқартириш натижасида электр энергиясини тежаш, иккинчи томондан эса қўшимча механик таъсирлардан сақлайди.

Бироқ тадқиқотлар натижаси шуни кўрсатдики, қисқа технологияни қўллаш жараёнида пахта етарли даражада тозаланмаётганлигини аниқланди. Оқибатда ишлаб чиқилаётган тола сифати пасаймоқда. Шунинг учун корхонада қўшимча электр энергия талаб қилмайдиган, пахтанинг табиий хусусиятларини сақлаган ҳолда хом ашёни ортиқча майда ифлосликлардан тозалаш бўйича изланишлар олиб борилди.

Олиб борилган назарий тадқиқотлар натижасида яратилган тебранма тўрли юзали пахтани майда ифлосликлардан тозаловчи қурилмани энергия сарфини камайитириш мақсадида пахтани ҳаво ёрдамида ташувчи қурилмадан кейин ўрнатиб, ҳаракатини сепараторнинг вакуум-клапанидан олиш мақсадга мувофиқ, деб топилди ҳамда тажрибалар ўтказишга тайёрланди.

Пахта тозалаш корхоналари ҳудудида хом ашё ғарамлари асосий цехлардан узокда жойлашган бўлади. Шу сабабли пахтани ҳаво ёрдамида ташиш вақтида қўшимча кўзгалувчан қурилма ўрнатилади. Бунинг оқибатда жин машинасидан олдин ўрнатилган сепараторга пахтани етказиб бериш имконияти ҳосил бўлади.

Янги тебранма юзали пахтани майда ифлосликлардан тозаловчи қурилма тажриба шароитида синовлардан ўтказишда қуйидаги схемадан фойдаланилади (4-расм).



4 – расм. Пахта тозалаш корхоналаридаги ҳаво ёрдамида ташувчи қурилма схемаси: 1 – ғарам бузгич; 2 – ишчи қувор; 3 – тоштутгич; 4 – сепаратор; 5 – ҳаво қузури; 6 – янги майда ифлосликларни тозалагич; 7 – вентлятор; 8 – чиқарувчи ҳаво ўтказгич; 9 – циклон; 10 – чанг камераси

Пахтани майда ифлосликлардан тозалаш жараёни самарадорлиги албатта тўрли юзанинг қиялик бурчагига боғлиқдир. Шунинг учун қурилма тажриба нусхасининг тўрли юзаси қиялик бурчагини $\alpha=30^0$ бўлганда энг юқори самара берганлиги аниқланган эди.

Синов тажрибалари пайтида С-6524, 1-нав пахта хом ашёсидан фойдаланиш тавсия этилади.

Олинган назарий натижаларни таҳлил қилсак, қия тўрли юзали қурилма ёрдамида пахта таркибидаги мавжуд ифлосликларни 0.2 % га камайтириш мумкин. Бундай натижани жиндан чиқаётган толалар текширувдан ўтказилганида ҳам кўрилди. Масалан, қия тўрли юзали қурилма ўрнатилган жараёнда жиндан чиқаётган тола ифлослиги 2.2 % ни ташкил қилган бўлса, тўрли сиртдан ўтган пахта толасининг ифлослиги жиндан кейин 2.0 % ни ташкил қилди. Оддий қилиб айтганда бир соатда пахта таркибидан тозаланган ифлослик миқдори 6 кг га тенг бўлди.

Ҳозирги кунда корхонада пахтанинг селекцион навларига қараб “Наманган-77” нави учун толанинг синфларга ўтиши 15 % оддий, 50 % яхши ҳамда 10 % олий навли тола олиш режалаштирилган. Агар юқоридаги натижадан келиб чиққан ҳолда қия тўрли сирт ўрнатилган қурилма корхона технологик жараёнига жорий қилинса, оддий тола яхшига ва хатто яхши кўрсаткичдаги тола олийга ўтиши эҳтимоли пайдо бўлади. Бунинг натижасида корхона оладиган иқтисодий самарадорлик ҳам мос равишда анча ортади.

Хулоса. Юқоридаги таклифлар жорий қилинса, пахта қувурлари орқали пахтани қайта ишлаш жараёнида чигитнинг шикастланиши камайишига эришилади. Бунинг натижасида тола таркибида нуқсонлар ҳосил бўлиши камайишига олиб келади.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Cotton from Mech Theoretical and Experimental Studies of the Effect of Inclined Scraper on Raw Surface // World Journal of Mechanics. USA. 2014. No. 4. P. 371 – 377.
- [2] Theoretical study of stone catcher with many pockets during the primary cotton cleaning process // International Journal of Innovation and Scientific Research. Vol. 2. 2014. Jun. No. 2. P. 287–295.
- [3] Mathematical Modeling Of the Technological Processes Original Processing Of Cotton. International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol. 6, 2014, No.1. May. P. 28 – 39.
- [4] Experimental and theoretical studies of vibrational motion of raw cotton on inclined mesh surface. International Journal of Innovation and Applied Studies. Vol. 9. 2014. No. 1. Sep. P. 78 – 85.
- [5] Мурадов Р., Каримов А., Тадаева Е. Чигитли пахта хомашёси таркибидаги йирик ва майда ифлосликларни механик (зарба) таъсирида чиқаришни назарий тадқиқоти // Фарғона илмий-техника журнали. ФарПИ ИТЖ, 2015.
- [6] Мурадов Р., Каримов А., Тадаева Е. Эгри контурли турли юзада ҳаракатланувчи пахта хомашё бўлакчаси таркибидаги ифлослик заррачаларини зарба ва судраш усуллари воситасида ажратиш // Фарғона илмий-техника журнали ФарПИ ИТЖ-2015 й.

Наманган муҳандислик- технология институти

26.03.2019

қабул қилинган

Н. Ражапова, Е. Тадаева, Р. Мурадов. Пути улучшения качества волокна на хлопкоочистительных заводах

В статье рассмотрены проблемы ухудшения природных свойств хлопка во время его переработки в процессе очистки от мелких сорных примесей. Показана необходимость снижения ударного воздействия и обеспечения переработки хлопка-сырца в мягком режиме, что будет способствовать повышению качества волокна.

N. Rajapova, E. Tadaeva, R. Muradov. Ways to improve the quality of fiber in ginning factories

The article mentions the reasons for not breaking its natural properties during the technological process of cotton processing. In the process of separating small contaminants from the cotton, the methods of reducing the impact strength are analyzed. This is due to the fact that cotton processing should be done softly.

МЕТОДИЧЕСКАЯ РЕКОМЕНДАЦИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАСПОРТОВ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

В настоящее время значительная часть эксплуатируемых зданий и сооружений, в том числе здания школьных и дошкольных учреждений [1, 2], не отвечает требованиям действующих норм и правил строительства в сейсмических районах [3], многие из них находятся на грани истощения заложенного в проект ресурса прочности. Для дальнейшей надёжной эксплуатации этих зданий и сооружений необходимо провести детальное техническое обследование, чтобы получить объективные данные о текущем состоянии строительных конструкций, выявление степени физического износа, причин, обуславливающих их состояние, фактической работоспособности конструкций, и разработать мероприятия по обеспечению их эксплуатационных качеств и пригодности объекта. В рамках комплексной экспертной оценки проводится исследование строительных конструкций (оценка дефектов, повреждений, коррозий, определение несущей способности и т.п.) и грунтов основания под объектом.

Методология проведения технического обследования зданий и сооружений

Основные задачи проблемы. Техническое обследование зданий и сооружений включает комплекс мероприятий для определения и оценки фактических значений параметров, характеризующих эксплуатационное состояние, пригодность и работоспособность объектов обследования и определяющих возможность их дальнейшей эксплуатации или необходимость восстановления и усиления [4 – 8]. Детальное инструментальное изучение состояния, степени деформированности несущих элементов с учётом физического износа и усталости материала конструкций, проведение расчётов на сейсмостойкость с учётом фактического состояния здания и грунтовых оснований даст возможность определить ресурс прочности и оценить реальное техническое состояние сооружений. Следовательно, в зависимости от типа конструкции, степени повреждения, инженерно-геологических условий, сейсмичности площадки и других факторов следует разработать рекомендации по обеспечению сейсмостойкости эксплуатируемых зданий и сооружений с целью уменьшения ущерба при возможных сильных землетрясениях.

Для проведения обследования строительных конструкций определяют принципиальную схему и состав работ, позволяющих объективно оценить техническое состояние, фактическую несущую способность конструкций и, в случае необходимости, принять обоснованные технические решения по ремонтно-восстановительным мероприятиям или способам усиления. Главная задача подобных проверок – установление фактического состояния конструкций, обнаружение дефектов, повреждений и оценка эксплуатационной надёжности строения.

Этапы выполнения технического обследования. Техническое обследование зданий проводится строго в определенной последовательности [4 – 8], которая включает в себя несколько этапов: от изучения проектно-технической документации и проверки технических паспортов до визуального осмотра, обмеров и взятия проб. В некоторых случаях также требуется изучение геологического и гидрогеологического состояния участка, на котором возведено здание.

Периодичность обследования здания установлена нормативными требованиями в зависимости от типов и назначения постройки, но их нередко проводят и внепланово, особенно в тех случаях, когда очевидно, что объект находится в аварийном состоянии, или проводят капитальный ремонт или реконструкцию.

Первое обследование проводится в течение первых двух лет эксплуатации здания, чтобы убедиться в работоспособности всех конструкций и инженерных систем и в случае выявления дефектов немедленно провести работы по восстановлению. Последующие обследования зданий проводятся один раз в десять лет. Исключение составляют постройки, функционирующие в неблагоприятных условиях (агрессивные среды, вибрации, повышенная влажность, сейсмичность района 7 баллов и более и др.): их следует проверять раз в пять лет. Для уникальных зданий и сооружений устанавливается постоянный режим мониторинга.

При обнаружении в здании деформаций и трещин в несущих конструкциях, выявлении видимых прогибов конструкций перекрытия и покрытия требуется незамедлительное проведение

обследования для выявления причин появления дефектов и предотвращения возможных аварий.

Обследование конструкций зданий необходимо по истечении нормативных сроков их эксплуатации, при обнаружении значительных дефектов, повреждений и деформаций, по предписанию органов, уполномоченных на ведение государственного строительного надзора и после ситуаций, во время которых здание подвергалось разрушительному воздействию огня, воды, ветра и др.

Работы по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений или их частей проводятся, как правило, в три связанных между собой этапа:

- 1) подготовка к проведению обследования;
- 2) предварительное (визуальное) обследование;
- 3) детальное (инструментальное) обследование.

Иногда обследование ведется в один или в два этапа. Это зависит от задачи, состояния строительных конструкций и технического задания заказчика, а также квалификации лиц, производящих обследование.

Детальное обследование отнимает много времени и обходится дорого, поэтому необходимость в нем должна быть обоснована при предварительном или общем обследовании.

Состав работ и последовательность действий по обследованию строительных конструкций зданий или сооружений независимо от материала, из которого они изготовлены, на каждом этапе включают следующее:

- подготовку к проведению обследования или подготовительные работы;
- ознакомление с объектом обследования, его объемно-планировочным и конструктивным решением, материалами инженерно-геологических изысканий;
- подбор и анализ проектно-технической документации;
- составление программы работ (при необходимости) на основе технического задания.

Техническое задание разрабатывается заказчиком или проектной организацией и, возможно, с участием исполнителя обследования. Техническое задание утверждается заказчиком, согласовывается исполнителем и, при необходимости, проектной организацией – разработчиком проекта задания.

Предварительное (визуальное) обследование – сплошное визуальное обследование конструкций зданий и выявление дефектов и повреждений по внешним признакам с необходимыми замерами и их фиксация.

Предварительное или визуальное обследование может включать в себя следующие работы:

- ознакомление с проектной и исполнительной документацией;
- визуальное обследование конструкций с фотофиксацией выявленных дефектов и повреждений;
- выполнение обмерных работ и составление обмерочных чертежей;
- определение местоположения выявленных дефектов и повреждений;
- выполнение прикидочных поверочных расчетов некоторых несущих конструкций;
- ориентировочную оценку состояния строительных конструкций и объекта в целом;
- разработку плана дальнейших работ по обследованию;
- составление заключения по результатам предварительного или общего обследования.

Детальное (инструментальное) обследование может включать следующие работы:

- работы по обмеру необходимых геометрических параметров зданий, конструкций, их элементов и узлов с применением приборов;
- инструментальное определение параметров дефектов и повреждений;
- определение фактических прочностных характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов;
- измерение параметров эксплуатационной среды, присущей технологическому процессу в здании и сооружении, динамические воздействия при движении кранов с грузом, воздействия вибрации при работе штамповочных прессов, компрессоров и т.д.;
- определение реальных эксплуатационных нагрузок и воздействий, воспринимаемых обследуемыми конструкциями с учетом влияния деформаций грунтового основания;
- определение реальной расчетной схемы здания и его отдельных конструкций;
- определение расчетных усилий в несущих конструкциях, воспринимающих эксплуатаци-

онные нагрузки;

- расчет несущей способности конструкций по результатам обследования;
- обработку и анализ результатов обследования и поверочных расчетов;
- анализ причин появления дефектов и повреждений в конструкциях;
- составление итогового документа (акта, заключения, технического отчета) с выводами по результатам обследования;
- разработку рекомендаций по обеспечению прочности конструкций, при необходимости последовательностью выполнения работ.

Одним из основных мероприятий для оценки сейсмостойкости зданий и сооружений является выполнение следующих научно-технических работ:

- изучение проектно-технической документации;
- визуальное обследование строительных конструкций;
- изучение состояния фундамента и грунтового основания зданий и сооружений;
- определение прочностных характеристик несущих конструкций и динамических характеристик зданий и сооружений;
- проверку качества выполненных строительно-монтажных работ;
- оценку общего технического состояния зданий и сооружений с учетом деформированности, повреждений и физического износа строительных конструкций;
- моделирование и расчет зданий и сооружений с учетом взаимодействия системы “грунт – здание” на сейсмические нагрузки;
- определение степени сейсмообеспеченности и оценку уязвимости зданий и сооружений в соответствии с требованиями действующих строительных норм и правил строительства в сейсмических районах;
- разработку рекомендаций по дальнейшей эксплуатации зданий и сооружений (восстановление элементов и усиление строительных конструкций для обеспечения их сейсмостойкости, проведение капитального или текущего ремонта и т.п.);
- совершенствование системы нормативных документов по строительству для сейсмических районов и разработку рекомендаций и предложений по созданию на территории республики единой научно-методической, правовой и экономической базы для оценки безопасности и риска при землетрясениях.

Некоторые из вышеперечисленных работ могут не включаться в программу в зависимости от назначения обследования и специфики объекта исследования, его состояния и поставленных задач, определенных техническим заданием.

Применяемый для усиления материал и его характеристики, схема усиления несущих конструкций исследуемого объекта будут определены в соответствии с требованиями КМК 01.03.96 [3], которые будут установлены по результатам на расчетную сейсмичность с учетом особенностей обследуемого объекта.

Конечная цель обследования зданий и сооружений состоит в мотивированном заключении о техническом состоянии отдельных конструкций и зданий в целом, их эксплуатационной пригодности, в получении сведений о соответствии действующим нормативным требованиям, в определении отклонения от нормы и в разработке рекомендаций по их дальнейшей надёжной эксплуатации.

Результаты детального технического обследования строительных конструкций являются основной частью при проведении мониторинга технического состояния и разработке технического паспорта эксплуатируемых зданий и сооружений с учетом года их постройки и сейсмичности строительной площадки.

Методическая рекомендация по паспортизации зданий и сооружений

Технический паспорт здания должен быть обязательным документом для использования здания и окружающей его территории после ввода и до вывода из эксплуатации. Как правило, технический паспорт здания при его сдаче в эксплуатации должен составить застройщик, а его дальнейшее ведение производить эксплуатирующая организация. Независимо от назначения здания, юридического статуса любой объект обязан иметь технический паспорт. Технический паспорт здания должен содержать основные технические характеристики, например, год постройки, габаритные размеры, конструктивные решения, материалы конструкций, площади и этажности здания,

дату возведения, дату капитального ремонта, стены, перекрытия, кровли и т.п.

Первоочередной задачей является разработка нормативных документов, обязывающих владельцев оформлять технический паспорт здания и сооружения, так как в отдельных случаях оформление происходит по результатам обследования строительных конструкций или мониторинга технического состояния объекта. Нормативные документы должны определять форму паспорта здания, в которой прописаны основные характеристики постройки. В паспорт также включаются обмерные планы, выполненные по форме БТИ, и ситуационный план.

Приведем методическую рекомендацию (проект нормативного документа) по разработке технических паспортов зданий и сооружений для обеспечения их сейсмической безопасности.

Методическая рекомендация по паспортизации зданий и сооружений

1. Общие положения.

Методические рекомендации по паспортизации зданий и сооружений определяют порядок и последовательность работы руководителей объектов народного хозяйства при подготовке предложений на усиление существующих эксплуатируемых зданий и сооружений от возможных сильных землетрясений, планирование и организацию мероприятий по их сейсмозащите.

Прогнозирование ущерба, наносимого сильными землетрясениями, состоит из определения степени возможного разрушения зданий и сооружений, находящегося в них оборудования, инженерных коммуникаций и т.д.

Планирование и организация мероприятий по подготовке предложений по сейсмозащите зданий и сооружений включает определение:

- расчетной сейсмичности существующих зданий и сооружений;
- установленной сейсмичности в данный период по сейсморайонированию;
- происшедших землетрясений со дня эксплуатации зданий и сооружений;
- произведенных ремонтно-восстановительных мероприятий по усилению и их качества;
- технического состояния зданий и сооружений в данный период;
- вариантов по усилению при возможных сотрясениях;
- объема строительно-восстановительных работ по усилению;
- трудовых затрат, строительных материалов;
- сроки этапов усиления.

2. Основные показатели.

2.1. Планирование мероприятий по изучению технического состояния.

2.1.1. Мероприятия по паспортизации зданий и сооружений планируются министерствами и ведомствами Республики Узбекистан и местными хокимиятами областей и городов.

2.1.2. Для разработки мероприятий по паспортизации зданий и сооружений министерства, ведомства, областные и городские хокимияты издают приказ-распоряжение, в котором определяются цели, задачи и сроки разработки вопросов.

2.1.3. На основании приказа-распоряжения министерства, ведомства, хокимията области и города руководитель учреждений, местные жилищно-эксплуатационные управления издают приказ, в котором определяют состав специалистов, привлекаемых из данного объекта и из других проектных и научно-исследовательских организаций для проведения паспортизации зданий и сооружений.

2.1.4. На специалистов, входящих в состав комиссии, возлагаются следующие функции:

- оформление технического паспорта для каждого объекта;
- разработка предложений (решений), требующих усиления каждого сооружения в отдельности в зависимости от технического состояния с учетом балльности территорий;
- выдача рекомендации по способам и видам усиления.

2.2. Необходимые документы по паспортизации объекта.

2.2.1. Календарный план проведения основных мероприятий по паспортизации, сроки их проведения, ответственных исполнителей и форма календарного плана.

2.2.2. Мероприятия по паспортизации осуществляются в четыре этапа:

- 1-й этап – сбор и изучение имеющихся расчетных, проектно-сметных, строительных и других документов объекта;
- 2-й этап – натурное обследование технического состояния объекта;
- 3-й этап – определение возможных вариантов очагов землетрясений и расчет наносимых ущербов от них;

- 4-й этап – подготовка обоснованных предложений и выбор метода по усилению объекта на основе инструментально-расчетных исследований.

2.3. Первый этап – сбор и изучение расчетных, проектно-сметных и других документов.

2.3.1. Проведение организационного совещания по сбору и изучению необходимых документов.

2.3.2. Изучение расчетных и проектно-сметных документаций объекта и уточнение балльности территории на данный момент.

2.4. Второй этап – натурное обследование технического состояния объекта.

2.4.1. Определяется наличие и качество антисейсмических мероприятий.

2.4.2. Уточняются перенесенные землетрясения, производственные аварии в инженерных сетях, пожары, затопления и их последствия, полученные повреждения, проведенные ремонтно-восстановительные работы и реконструктивные изменения объекта.

2.4.3. Для некоторых ответственных объектов старой постройки проводится детальное обследование с привлечением специалистов.

2.4.4. По результатам натурного обследования проводится оценка технического состояния.

2.5. Третий этап – определение возможных вариантов сотрясаемости землетрясений и расчет наносимого ущерба от них.

2.5.1. Уточняется изучение сейсмичности площадки и возможная сотрясаемость землетрясения.

2.5.2. Разработка прогнозов возможного землетрясения и степени разрушения объекта.

2.5.3. Определение ущерба, наносимого возможными землетрясениями, на основе проверочных расчетов.

2.6. Четвертый этап – подготовка предложений по усилению и выбор метода усиления объекта.

2.6.1. Разработка рекомендаций по усилению несущих конструкций и их элементов.

2.6.2. Разработка рекомендаций по методам усиления объекта и его элементов.

2.6.3. Расчет технико-экономических показателей.

2.6.4. Окончательное заключение.

Заключение. Учитывая актуальность данного вопроса, необходимо разработать нормативные документы, которые обязывают застройщиков включать составление технических паспортов зданий и сооружений как неотъемлемой части работ при вводе их в эксплуатации, а также юридических или физических лиц при проведении комплексного обследования зданий и сооружений, включающего в себя техническое обследование зданий и инженерное обследование.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сагдиев Х.С., Саидий С.А., Тешабоев З.Р., Ахмедов М.А., Фасахов В.Г. Обеспечение сейсмической безопасности зданий при сильных землетрясениях // Международная конференция, посвященная столетию со дня рождения академика Х.А.Рахматулина. 21 – 23 мая 2009 г. Бишкек, 2009. С. 458 – 465.
- [2] Отчет о научно-исследовательской работе: ФА-Атех-2018-(23+65) «Оценка сейсмостойкости зданий школьных и дошкольных учреждений, построенных в соответствии с требованиями действовавших нормативных документов в период их строительства и разработка методов расчета сейсмостойкости с учетом их пространственных моделей и комплексной сейсмозащиты». ИМиСС АН РУз. Ташкент, 2018. – 342 с.
- [3] КМК 2.01.03-96. Строительство в сейсмических районах. Госкомархитектстрой РУз. Ташкент, 1996.
- [4] Рекомендации по конструктивному обследованию и прогнозу технического состояния существующих зданий и сооружений. Госкомархитектстрой РУз. Ташкент, 2010.
- [5] КМК 2.01.15-97. Положение по техническому обследованию жилых зданий. Госкомархитектстрой РУз. Ташкент, 1997. – 125 с.
- [6] КМК 2.01.16-97. Правила оценки физического износа жилых зданий. Госкомархитектстрой РУз. Ташкент, 1997. – 139 с.
- [7] Рекомендации по оценке состояния и усилению строительных конструкций промышленных зданий и сооружений. ЦНИИСК. М.: Стройиздат, 1989. – 104 с.
- [8] Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. ЦНИИСК. М.: Стройиздат, 1988. – 57 с.

Ҳ.С. Сагдиев. Бино ва иншоотларни техник паспортларини ишлаб чиқиш учун услубий тавсиялар
Мақолада бино ва иншоотларни қурилган йили ва майдонларини сейсмикасини ҳисобга олган ҳолда техник кўрикдан ўтказиш ва техник паспортларини ишлаб чиқиш учун тавсиялар берилган.

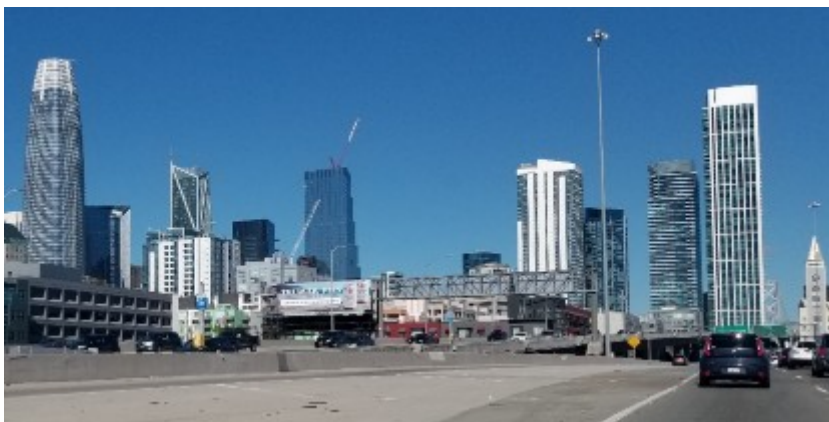
H.S. Sagdiev. Methodical recommendation for the development of technical passports of buildings and structures
The article provides recommendations for technical inspection and development of technical passport of buildings and structures taking into account the year of construction and seismicity of the construction site.

УДК 620.17

Т. РАШИДОВ, Ш. ТАХИРОВ, Х. САГДИЕВ, Н. НИШОНОВ

БУДУЩАЯ ЛАБОРАТОРИЯ МИРОВОГО УРОВНЯ ПО СЕЙСМОСТОЙКОСТИ СООРУЖЕНИЙ И НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА РЕШЕНИЕ НУЖД РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН В ЭТОЙ ОБЛАСТИ

Введение. Теория и практика сейсмостойкого строительства невозможна без проверки расчётов и теоретических идей с помощью полномасштабных испытаний. Это общепринято по всему миру. Экспериментальная база также нужна для разработки нормативов строительства. Особенно она необходима для подготовки будущих инженеров, которые будут иметь более богатые знания, что требуется на национальном рынке Узбекистана и на мировом рынке. Не случайно все ведущие страны мира обладают обширной испытательной инфраструктурой. В результате больших перемен в Республике Узбекистан внимание к вопросу сейсмостойкости сооружений кардинально улучшилось. Это внимание стимулировано большим потоком местных и иностранных инвестиций, направленных на строительство зданий и сооружений в Узбекистане. Одним из неотъемлемых образцов этого внимания является решение Президента Республики Узбекистан по поставке испытательного оборудования как первый и основополагающий шаг на пути создания экспериментальной лаборатории мирового уровня по изучению вопросов сейсмостойкости сооружений.



Вид города при въезде на один из мостов

Вид с улицы

Рис. 1. Новые небоскрёбы в городе Сан-Франциско (Salesforce Tower слева на обеих фотографиях)

Плотность населения увеличивается с каждым годом по всему миру. Обеспечение жильём и местом работы становится всё труднее и труднее с каждым годом, потому что приходится строить в местах, где застройка была раньше ограничена, например, в районах повышенной сейсмической опасности. Застройка города Сан-Франциско в Калифорнии может служить наглядным примером этого всемирного процесса. Здание Трансамерика было построено в Сан-Франциско в 1972 г. С тех пор в городе было построено множество небоскрёбов. За все эти годы вид города совершенно изменился. Трансамерика была самым высоким зданием в Сан-Франциско с момента его создания в 1972 г. до 2018 г., когда его высота была превзойдена недавно построенной Salesforce Tower (показано на рис. 1). Бурное строительство идет на поверхности города и под землёй. Транзитный центр Salesforce заменяет бывший терминал современным многоярусным региональным транзитным узлом, соединяющим все города, близлежащие к Сан-Франциско, с помощью 11 различных систем транзитного транспорта. Этот центр будет принимать 100 000 пассажиров в каждый день и до 45 миллионов человек в год. Всё это колоссальное строительство ведёт-

ся в нескольких десятках километров от знаменитого разлома Сан Андреас, которое по некоторым оценкам способно отколоть Сан-Франциско от материка и превратить его в остров. По данным New York Times, в Сан-Франциско сейчас 160 зданий выше 72 м, а еще больше десяти находится на стадии либо планирования, либо строительства [1]. Стоит напомнить, что сейсмическая опасность в Сан-Франциско является одной из самых высоких во всех Соединенных Штатах Америки [2].

Всё это коллосальное строительство в зоне высокой сейсмической опасности возможно только благодаря инженерным расчетам и численным предсказаниям, основанным и подтвержденным экспериментальными результатами. Этот пример демонстрирует силу экспериментов в сейсмостойком строительстве и их насущную необходимость в развитии строительных нормативов и применении их результатов к теории и практике сейсмостойкого строительства.

Будущая лаборатория: оборудование и инфраструктура.

Любая современная лаборатория состоит из двух основных компонентов: так называемого силового поля с необходимой инфраструктурой и испытательного оборудования. Основные требования к оборудованию и деталям оборудования, утвержденным для поставки в Узбекистан, приведены далее. Обсуждены следующие основные компоненты оборудования: гидравлический контроллер, гидравлические приводы, независимая насосная станция и записывающая станция с интегрированными датчиками.

Испытательное оборудование.

4-канальный контроллер. Любая гидравлическая система современной лаборатории управляется с помощью промышленного контроллера, который позволяет проводить сложные эксперименты с высокими нагрузками с максимальной надёжностью и безопасностью. Будущая лаборатория будет обладать 4-канальным промышленным контроллером от компании MTS (MTS FT60) [3] со следующими параметрами. Первое – он обеспечит максимальную безопасность при проведении экспериментов и отключит гидравлический насос или (и) гидравлический распределитель давления в опасных ситуациях. Второе – он способен командовать каждым звеном гидравлической системой (насос, распределители, высокопроизводительные клапаны, гидроприводы), посылая команду каждые 0.5 миллисекунд. Третье – он позволяет контролировать любой параметр либо группу параметров, заданных одним или несколькими уравнениями и эти уравнения решаются в реальном времени намного быстрее, чем 0.5 миллисекунд. Это позволяет испытывать конструкции со многими степенями свободы. Четвертое – он позволяет испытывать конструкции в так называемой гибридной симуляции [4], которая совмещает в реальном времени расчет численной модели большой и сложной конструкции, когда один из компонентов конструкции подвергается испытаниям. Пятое – он обладает возможностью контролировать на основе мониторинга 16 входных аналоговых каналов. Шестое – он позволяет делать операции на 16 выходных аналоговых сигналов на других системах. Седьмое – он записывает все 16 входных и 8 внутренних каналов, так что записывающая система для простых экспериментов не нужна. Поэтому, к примеру, лаборатории в Калифорнийском университете, г. Беркли имеют три таких контроллера от MTS: первый – 4-канальный, второй – 6-канальный и третий – 8-канальный. Пример одного из контроллеров в Калифорнийском университете, г. Беркли, аналогичного тому, что закупается, приведен на рис. 2.



Внешний вид с компьютером



Вид задней панели



Вид передней панели

Рис. 2. Пример гидравлического контроллера

Гидроприводы. Под высокопроизводительным гидравлическим приводом подразумевается гидравлический цилиндр, способный создавать высокоскоростные циклические нагрузки с высокой точностью контроля. В будущую лабораторию будут поставлены четыре гидравлических привода серии 244 от MTS [5]. Они имеют следующие характеристики. Первое – они являются симметричными цилиндрами, способными развивать те же самые нагрузки при растяжении и сжатии. Второе – в них встроены датчики силы и перемещения, позволяющие контролировать приложенную силу с точностью до 0.1 кг и перемещение с точностью около 0.01 мм. Третье – каждый из этих цилиндров имеет встроенный высокопроизводительный 2-ступенчатый серво-клапан, который позволяет прикладывать нагрузки со скоростями до 1.5 м в секунду или 1.5 м в секунду в зависимости от модели. Четвертое – каждый из этих цилиндров имеет встроенную систему фильтров и аккумуляторов сжатого масла, которая позволяет осуществить точный контроль при любых скоростях. Пятое – в переднюю и заднюю части каждого цилиндра встроены сферические шарниры высокой точности, которые позволяют избежать изгибных нагрузок на цилиндр при соблюдении беззастывшего контакта с испытываемым образцом. Шестое – все эти цилиндры рассчитаны на усталостную прочность и надежность. Седьмое – два гидропривода могут перемещаться на 0.5 м и создавать нагрузки до 100 т и два других могут перемещаться на 1 м и создавать нагрузки до 50 т. Типичные примеры использования гидравлического привода на экспериментальных установках показаны на рис. 3.



Горизонтальная ориентация



Вертикальная ориентация

Рис. 3. Примеры использования гидравлического привода на экспериментальных установках

Высокопроизводительный гидравлический насос с распределителями и аккумуляторами сжатого масла. Будущая лаборатория будет оснащена насосной станцией [6] с независимой охлаждающей системой для гидравлического масла. Насосная станция удовлетворяет следующим требованиям. Первое – постоянный поток сжатого гидравлического масла (210 бар) со скоростью 340 л в минуту, эта станция должна обеспечивать бесперебойное и высокопроизводительное снабжение сжатого масла гидравлическим цилиндрами. Второе – ёмкость маслохранилища – 1211 л, она должна иметь достаточное хранилище для масла, чтобы в гидравлической системе не возникала кавитация. Третье – высокая чистота сжатого масла, что достигается встроенными микронными фильтрами. Чистота масла необходима для точного контроля цилиндров и уменьшения износа гидравлического оборудования. Четвёртое – безопасность и возможность экстренной остановки насоса дистанционно – при помощи контроллера – или вручную, когда нажатие одной кнопки останавливает станцию в правильном режиме. Пятое – наличие охлаждающей системы: так как долговечность гидравлического масла и его вязкость зависят от его температуры, масло должно охлаждаться насосной станцией. Шестое – при кратковременной потребности в увеличении скоростей потока гидравлического масла – открытие клапанов в встроенных аккумуляторах сжатого масла. Седьмое – интегрированная и независимая станция, которая будет установлена под ключ. Восьмое – наличие распределителей масла для безопасной эксплуатации системы до, во время и после проведения экспериментов. Девятое – станция имеет специальный дизайн с минимизацией шума, исходящего от станции, и она может быть установлена внутри лаборатории. Типичный гидравлический насос и распределитель показаны на рис. 4.



Рис. 4. Пример гидравлического насоса (слева) и распределителя (справа)

80-канальная система сбора данных с инструментами. Первый автор этой статьи имеет более полувековой опыт экспериментальной работы. Второй автор имеет 23-летний опыт работы в лабораториях мирового класса по всему миру. Он проработал больше 20 лет в Калифорнийском университете, г. Беркли и активно участвовал в изначальной разработке и последующем усовершенствовании национальной американской лаборатории nees@berkeley, созданной при Калифорнийском университете, г. Беркли. В выборе записывающей системы для этой лаборатории были рассмотрены предложения от многих международных компаний. Только система сбора данных от Pacific Instruments удовлетворила всем требованиям, поэтому она и была предложена для поставки в Узбекистан. Требования заключались в следующем. Первое – надёжность и эффективность: на основе 30-летнего опыта работы американской лаборатории с продуктами этой компании они зарекомендовали себя очень надёжными и эффективными. Второе – универсальность системы, благодаря которой каждый канал может записывать показания тензодатчика, датчика ускорения, датчика положения, датчика скорости, термопары, или датчика силы. Третье – двойное электропитание: эта система имеет двойную систему подачи электроэнергии и может работать от сети переменного тока или от батареи. Четвёртое – компактность: она компактна и может быть использована как переносная система для полевых испытаний/измерений. Пятое – блочная конфигурация: ее можно параллельно соединить с подобными системами и конфигурацию системы можно легко поменять при помощи перестановки блоков. Шестое – большой выбор разнообразных блоков: для этой системы разработаны специальные блоки для поддержки датчиков ускорений низкого уровня, необходимых для диагностики мостов, зданий и других сооружений. Седьмое – относительная дешевизна: эффективная стоимость каждого канала меньше, чем у других компаний. Только одна лаборатория в Калифорнийском университете, г. Беркли имеет три таких системы с общим количеством каналов чуть больше 210. Наряду с записывающей системой, в систему будут проинтегрированы датчики силы, деформаций, перемещения и ускорений. Интеграция инструментов с записывающей системой будет осуществлена при Калифорнийском университете, г. Беркли. Полностью интегрированная система будет поставлена под ключ (рис. 5).



а



б

Рис. 5. Пример триангуляции с тремя датчиками перемещения (а) и записывающей системы с ноутбуком (б)

Силовой пол с реакционной стеной и инфраструктурой. Чтобы приложить нагрузки к испытываемым образцам, гидравлические приводы должны отталкиваться от рам или конструкций с большой жёсткостью. Для этого создаются силовые полы и реакционные стены. При наличии си-

лового пола все прикладываемые усилия могут быть переданы через силовой пол, что чрезвычайно удобно. При необходимости испытаний высоких объектов в вертикальной конфигурации необходимо создание реакционной стены, как показано на примере лаборатории Тихоокеанского центра по сейсмостойкому строительству, PEER (бывшей лаборатории всеамериканского значения nees@berkeley) при Калифорнийском университете в г. Беркли (рис. 6, а). К сожалению, в этом случае уменьшается полезная площадь для испытаний. Будущая лаборатория должна включать сборные реакционные рамы, как это сделано в другой лаборатории Калифорнийского университета в г. Беркли – Structures Laboratory. Эта лаборатория обладает силовым полом, несколькими бетонными блоками и несколькими стальными рамами. К дополнению к большей изначальной полезной площади (она более чем в 4 раза больше по площади, чем лаборатория PEER) она позволяет проводить испытания с большей гибкостью в выборе конфигураций испытательных установок, как показано на рис. 6, б. Большая полезная площадь и сборность реакционных рам позволяют создавать установки независимо друг от друга, что увеличивает эффективность использования испытательного оборудования. Пример лаборатории с большой эффективностью использования полезной площади и оборудования приведен на рис. 7, а. Для сравнения размеров упомянутых выше лабораторий та же самая установка по испытанию двухэтажных стальных рам показана на обоих изображениях. На левом изображении она установлена в вертикальной плоскости, а на правом – в горизонтальной.

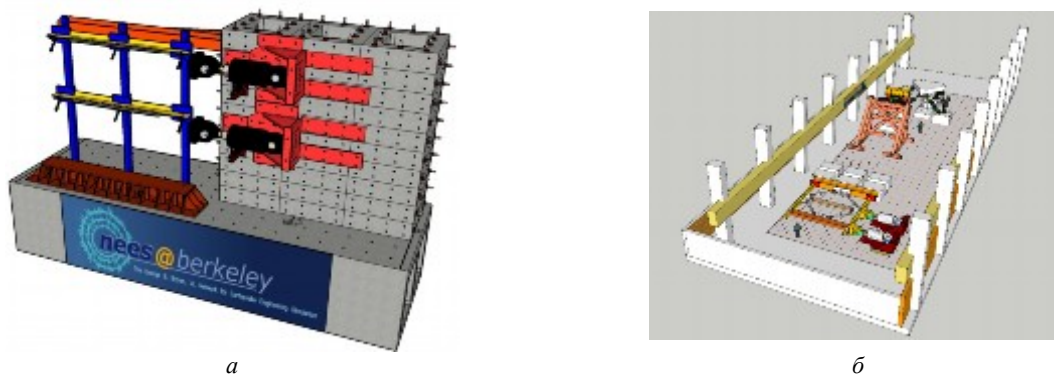


Рис. 6. Пример лабораторий, обладающих силовым полом с реакционной стеной:
а – лаборатория PEER; б – лаборатория Structures Laboratory

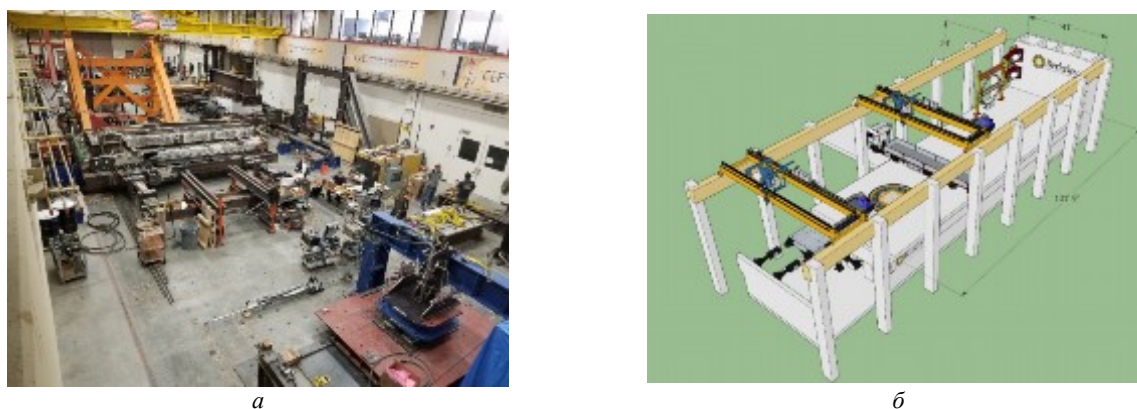


Рис. 7. Примеры лабораторий: лаборатория Structures Laboratory, почти полностью загруженная установками; возможный вариант будущей лаборатории с силовым полом, реакционной стеной, сейсмоплатформой и двумя подъёмными кранами

Наряду с силовым полом современная лаборатория должна иметь грузовые краны с большой грузоподъемностью и подъездными путями для бетономешалок и грузовых автомобилей (рис. 7, б). Они необходимы для доставки стройматериалов, используемых для создания испытательных образцов и вывоза испытанных из них.

Новые горизонты исследований на нужды республики. Пока ведётся строительство силового пола и реакционной стены, следующая экспериментальная установка может быть использована для испытания колонн мостов на совместно приложенную вертикальную (вдоль оси) на-

грузку и момент. Она была предложена и успешно использована в работе [7] в вертикальной конфигурации. Подобная установка для испытания крупномасштабных образцов колонн мостов была разработана при лаборатории Structures Laboratory [8]. В отличие от [7] она собрана в более безопасной горизонтальной конфигурации, как показано на рис. 8.

Все стальные конструкции (в жёлтом цвете) должны быть разработаны и построены отдельно (два горизонтальных гидравлических привода будут заменены на 244.51 MTS с максимальной нагрузкой 100 т каждый и два вертикальных гидравлических привода будут заменены на 244.41 MTS с максимальной нагрузкой 50 т каждый).

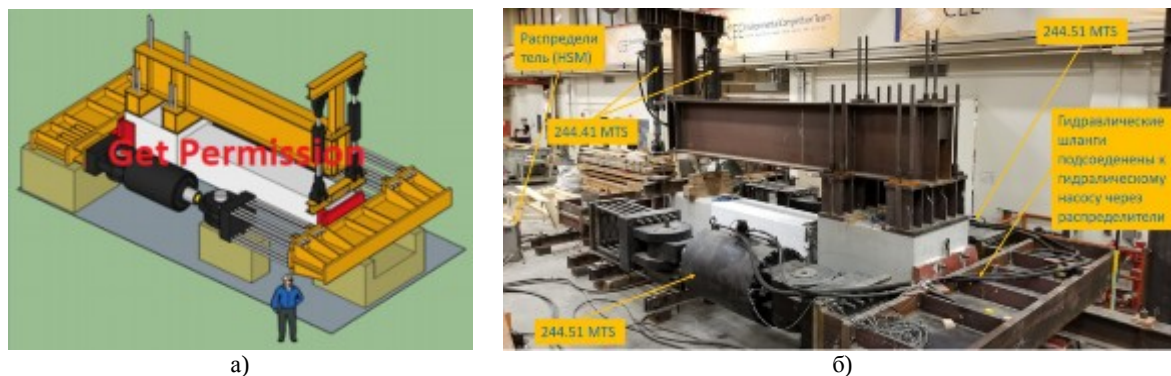


Рис. 8. Пример установки для испытания мостовых колонн: а – схематический 3-мерный чертёж; б – установка, собранная в лаборатории

Приобретаемые гидравлические приводы могут прикладывать нагрузки с большой скоростью, что даёт возможность создания сеймоплатформы. Она может быть собрана в одномерном варианте [9], как показано на рис. 9, или в двухмерном варианте. Так как гидравлические приводы могут создавать большие нагрузки, полезная грузоподъёмность сеймоплатформы может быть достаточно большой (порядка 20 т). При отсутствии реакционного пола в лаборатории все стальные конструкции, включая саму платформу, должны быть разработаны и построены отдельно.



Рис. 8. Пример сеймоплатформы: а – 3-мерный чертеж установки: пример испытания высоко-важного оборудования (может быть заменен на колонну моста) на сейсмоизоляторах; б – фото сеймоплатформы, испытывающей систему 4-сейсмических изоляторов (горизонтальный активатор будет заменён на 244.41 MTS с максимальными перемещениями ± 250 мм, максимальными скоростями, превышающими 0.5 м/с, и полезной нагрузкой до 20 т на сеймоплатформе)

Закключение. Эти оборудования будут способствовать качественному и успешному развитию исследований в области сейсмостойкости сооружений, отмеченных в Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-3190 от 9 августа 2017 г. «О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан».

Отметим, что экспериментальное подтверждение теоретических прогнозов чрезвычайно важно для обеспечения достоверности результатов исследований, направленных для применения в практике сейсмостойкого строительства. Закупаемые вибрационные стенды и другие экспериментальные машины и установки позволяют проводить исследования мирового уровня с использова-

нием образцов натуральной величины. К тому же в последнее время в Узбекистане строительство развивается ускоренными темпами, поэтому возникает необходимость закупки новых испытательных и записывающих оборудований, которые дают возможность модернизировать существующую технологию строительства, оценить сейсмостойкость сооружений с новыми конструктивными решениями и безопасность существующей инфраструктуры – находящихся в эксплуатации мостов, тоннелей, зданий и других объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <https://www.nytimes.com/interactive/2018/04/17/us/san-francisco-earthquake-seismic-gamble.html>.
- [2] American Society of Civil Engineers (ASCE), 2017. ASCE/SEI 7-16. Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures.
- [3] Reference document on MTS controller.
- [4] Shakhzod Takhirov, Selim Günay, and Khalid Mosalam. 'Real-Time Hybrid Simulation on a Long-Stroke High-Velocity Shaking Table Configuration as a Valuable Tool for IEEE693 Standard Development', Transactions of SMiRT-22, San Francisco, California, USA - August 18-23, 2013.
- [5] Reference document on MTS actuators.
- [6] Reference document on SilietPro pumps.
- [7] Reference to the NZ paper.
- [8] Reference to Jack Moehle's and Daniel Miller's paper.
- [9] Shakhzod Takhirov, Eric Fujisaki, Leon Kempner, Michael Riley. 'Development of Time Histories for IEEE693 Testing/Analysis and Their Validation by Numerical Simulations and Full-Scale Testing of Seismically Isolated Equipment'. The 16th World Conference on Earthquake Engineering. January 7 – 13, 2017. Santiago: Chile, 2017.

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

Дата поступления
25.03.2019

Т. Рашидов, Ш. Тахиров, Х. Сағдиев, Н. Нишоннов. Иниоотлар зилзилабардошлигини таъминлаш бўйича жаҳон миқёсидаги бўлажак лаборатория ҳақида ва Ўзбекистон Республикасининг ушбу соҳадаги муаммоларни ечишга йўналтирилган тадқиқотларнинг янги имкониятлари

Мақолада иниоотлар зилзилабардошлиги соҳасида экспериментал тадқиқотлар ўтказиш учун экспериментал база ва янги қурилмалар ёритилган. Олинadиган асосий натижалар зилзилабардош қурилиш меъёрий ҳужжатларини ишлаб чиқиш ва қўшимчалар киритиш учун хизмат қилади.

T. Rashidov, Sh. Takhirov, H. Sagdiev, N. Nishonov. The future world-class laboratory for seismic resistance of structures and new horizons of research aimed at addressing the needs of the Republic of Uzbekistan in this area.

The article describes new equipment, an experimental base for conducting experimental research in the field of seismic resistance of structures. The main results of which will be taken into account when developing and supplementing regulatory documents for earthquake-proof construction.

УЎК 667.21.021.152

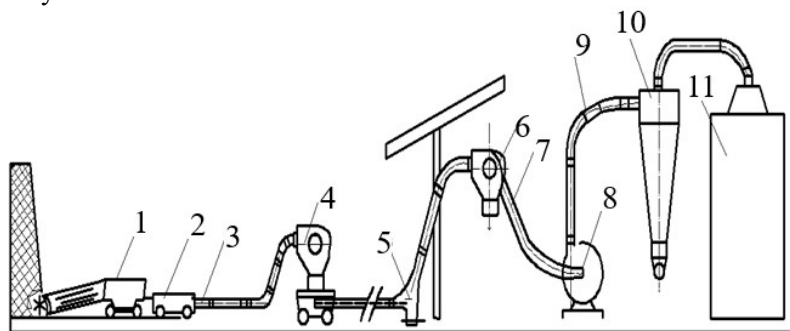
М. САЛОМОВА, Ф.РАХИМОВ, Х.ҚОСИМОВ

ПНЕВМОТРАНСПОРТ ҚУРИЛМАСИ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

Ҳозирги кунда Республикамаизда пахта тозалаш саноатини модернизация қилиш асосида ички ва ташқи бозорда пахта маҳсулотлари ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш ҳамда сифат кўрсаткичларини яхшилаш орқали уларнинг рақобатбардошлигини таъминлашга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Жаҳон тажрибасида чигитли пахтани дастлабки ишлаш техника ва технологиясини такомиллаштиришга йўналтирилган кенг қўламли илмий-тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Ушбу соҳада, жумладан пахта толасини чигитидан ажратиш жараёнида пахта хомашёсини бир текисда узлуксиз узатиш, ресурстежамкор таъминлагичларнинг самарали қурилмаларини яратиш, ишлаш режимлари ва параметрларини оптималлаштириш муҳим аҳамият касб этмоқда. Жаҳон андозаларига мос келадиган, юқори сифатли тола ишлаб чиқариш тола чиқишини кўпайтириш ва технологик машиналарини узлуксиз ишлашини таъминлаш пахтани қайта ишлаш соҳаси мутахассислари ва олимлари олдида мавжуд техника ва технологияни такомиллаштиришдек муҳим вазифани қўяди. Ўз навбатида йигирув ва тўқувчилик ускуналарининг такомиллашиш даражасининг тобора ортиб бораётганлиги ҳам пахта толасининг

сифатига катта эътибор қаратилишини талаб этилмоқда. Бу занжир ҳар бир жиҳознинг иш унуми ва ундан олдинги машиналарнинг иш сифатига чамбарчас боғлиқдир. Ушбу масалани инобатга олган ҳолда, пахтанинг сифат кўрсаткичларига технологик занжир жиҳозлари таъсири катта деган хулосага келиш мумкин.

Технологик занжирнинг бошида пахтани қувурларга узатиш бўлса, уни қуритиш-тозалаш машинасидан ўтказгандан кейин бош бинода жойлашган жин машинасида чигитдан толаси ажратилади. Пахта тозалаш кохоналарида хом ашёни ғарамлардан цехларга асосан ташувчи қурилма ёрдамида қувурлар орқали ҳаво ёрдамида амалга оширилади (1-расм). Маҳсулотни исталган мураккаб йўналишларида белгиланган жойларга нобуд қилмасдан етказиш мумкинлигини ҳаво ёрдамида ташувчи қурилманинг пахта тозалаш саноатида жуда кенг тарқалишига сабаб бўлган.



1-расм. Ҳаво ёрдамида ташувчи қурилма тизимининг схемаси: 1 – пахтани қувурларга узатувчи мослама; 2– таъминлагич; 3 – қувур; 4 – сепаратор; 5 – тоштутгич; 6 – сепаратор; 7 – сўрувчи қувур; 8 – вентилятор; 9 – пуфловчи қувур; 10 – циклон; 11 – чанг камераси

Пахтани ҳаво ёрдамида ташувчи қурилманинг асосий кўрсаткичларидан бири унинг ишлаб чиқариш унумдорлигидир. Пахта тозалаш корхоналарида ишлаётган мавжуд қурилмаларнинг иш унумдорлиги, таъминлагич (механик узатишда) ёки узатувчи ишчи (қўл билан узатишда) ва қайта ишловчи машиналар ҳолатига қараб соатига 10-12 тоннагача боради.

Пахта ҳаво ёрдамида ташиш жараёнини кузатиш натижалари, уни қувурларга бир текисда узатилмаётганлигини кўрсатади. Бунинг натижасида пахта қувур ичида тўпланган ҳолатда бўлиб, маълум бўлақларга бўлиниб ҳаракат қилар экан.

Пахта қувурга бир текисда узатилмаслиги қурилма элементлари ишнинг ёмонлашишига олиб келади. Натижада пахтадан оғир аралашмаларни тутиб қолувчи ускуна самарадорлиги пасаяди, тола ва чигитнинг шикастланиши ошади, сепараторларнинг турли юзаларида тикилишлар содир бўлади, толани тоштутгичларда оғир аралашмалар билан чўнтақларга тушиши, сепараторда ишлатиб бўлган ҳавога қўшилиб чигитга чиқиб кетиши эҳтимоллиги кўпаяди. Бундан ташқари пахтани яхши титилмаганлиги туфайли, қуритиш барабанлари ва тозалаш машиналарининг самарадорлиги пасаяди.

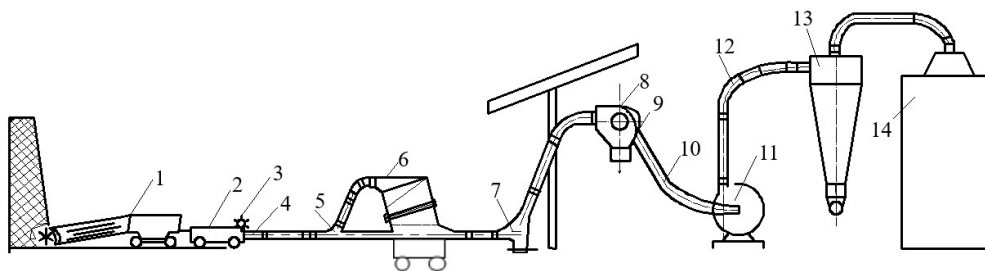
Пахтани ҳаво ёрдамида ташувчи қурилмага бир текисда титилган ҳолатда узатувчи горизонтал таъминлагич конструкцияси яратилган.

Пахта тозалаш корхоналарининг технологик жараёнига қўллашнинг қулайлигини инобатга олган ҳолда горизонтал лентали таъминлагич келтирилган бўлиб, таъминлагич муаллифлик гувоҳномаси билан ҳимоя қилинганлиги сабабли техник ечимига эга (М.Г.-1694727).

Ҳаво ёрдамида ташиш жараёнини такомиллаштиришда, биринчи навбатда пахтанинг табиий хусусиятларини сақлаб қолишни инобатга олиш лозим. Зеро, пахта сифатининг бузилиши транспортлаш пайтида қурилманинг вентилятор қисмида ҳам юзага келиши мумкин.

Пахта тозалаш корхоналари учун қурилма қисмларини такомиллаштириш ва унинг янги конструкцияларини ишлаб чиқиш керак бўлади. Натижада пахтани ҳаво ёрдамида ташиш жараёнида пахта сифатининг бузилиши ва тола йўқолишининг олдини олишга, энергия сарфининг камайишига, пахтани қайта ишлаш кохоналари технологияси иш унуми ва ишлаб чиқарилаётган маҳсулот сифатини оширишга эришиш мумкин бўлади.

Ишлаб чиқариш шароитида ҳаво ёрдамида ташувчи қурилма янги такомиллашган, техник ечимга эга бўлган элементлар ўрнатилган ҳолда ишлатилиб кўрилди (2-расм).



2-расм. Ҳаво ёрдамида ташувчи қурилма тизимининг такомиллашган схемаси: 1 – пахтани қувурларга узатувчи мослама, 2 – таъминлагич, 3- таксимловчи паррак, 4 –ҳаво қуври; 5– бункерга пахтани узатувчи қувор; 6 – бункер; 7 – тоштутгич; 8 – сепаратор; 9 – тўрли юза; 10 - сўрувчи қувор; 11 – вентилятор; 12 – пуфловчи қувор; 13 – циклон; 14 – чанг камераси

Ишлаш вақтида ҳаво ёрдамида ташувчи қурилма барча элементларнинг ишини назорат қилиб турилди. Горизонтал таъминлагич қуйидагича ишлайди: ғарам бузувчи машина ёрдамида узатилаётган пахта, лента устига нотекис таксимланган ҳолда тўп-тўп бўлиб тушади. Лентанинг ҳаракатланиши натижасида унинг нотекис жойлашган пахта текисловчи барабан ёрдамида текисланади. Текисланган пахтани титиб берувчи барабан ёрдамида тутиб, бир текисда воронка орқали қувурга узатилади. Пахтанинг таркибидаги оғир аралашмаларнинг бир қисми чўнтакга тушиб қолади

Ҳаво ёрдамида ташувчи қурилмадан олдин ва кейин пахтадан намуна олиниб, унинг сифат кўрсаткичлари аниқланди.

Ўтказилган синов натижаларига кўра янги ҳаво ёрдамида ташувчи қурилмада асосий элементлари такомиллаштирилганлиги сабабли унда ташилган пахтанинг сифат кўрсаткичлари сезиларли равишда яхшиланганлиги аниқланди.

Масалан, 8.2 % намликдаги пахтани янги ишчи элементли ҳаво ёрдамида ташувчи қурилмада ташилганда тола ифлослиги 0.71 % га камайди, толадаги нуқсонлар сони 0.20 % га, чигитларнинг шикастланиши 0.37 % ошди, мавжуд ҳаво ёрдамида ташувчи қурилмада эса бир хил шароитда бу кўрсаткичлар мос равишда қуйидагича бўлади: 0.47 %, 0.38 %, 1.20 %.

Мавжуд ва таклиф қилинаётган ҳаво ёрдамида ташувчи қурилмада икки марта ўтказилган пахта сифати пасайиши содир бўлди, таклиф қилинаётган система юқорида келтирилган кўрсаткичлар мос равишда 1.4 %, 0.38 %, 0.63 % ни, мавжуд системада мос равишда 0.92 %, 0.52 %, 2.38 % ни ташкил қилди.

Синовлар натижаси шуни кўрсатадики, янги элементларга эга таклиф қилинаётган ҳаво ёрдамида ташувчи қурилма системасини қўллаш чигит шикастланишини 0.83 % га, толадаги нуқсонларни ва ифлос аралашмалар бўлишини 0.24 % га пасайишини, тозалаш самарадорлигини 12 % га оширишни, толани ишлатиб бўлинган ҳаво билан келиб қолишини 0.53 кг/соатига камайишини таъминлайди.

Тадқиқот натижалари бўйича ишлаб чиқаришга қуйидаги қурилмалар татбиқ қилинди: горизонтал лентали ва текисловчи барабанли таъминлагич; цилиндрик ва конуссимон тўри сиртли сепаратор.

Ўтказилган тадқиқотлар натижаси шуни кўрсатадики, пахтани ғарамлардан бир текисда тутиб узатилиши ҳаво ёрдамида ташувчи қурилма қувурлари деворларига камроқ урилиб ҳаракатланишини таъминлар экан. Шунингдек, тоштутгич камерасига пахтанинг титилган ҳолда кириб келиши унинг таркибида оғир аралашмалар билан бирга майдаларини ҳам тутиб қолиш имкониятини яратар экан. Бу эса тоштутгич самарадорлигини ошириш билан бирга ушлаб қолingan оғир аралашмалар таркибига пахта бўлакчаларининг тушиб қолишини кескин камайтирар экан.

Бундан ташқари пахтани ҳаводан ажратиб берувчи сепараторнинг ишчи камерасига титилган пахтанинг бир текисда кириши унинг таркибидаги майда ифлосликлар кўпроқ ажратиб олишни таъминлар экан.

Мақолада пахтани дастлабки қайта ишлаш технологиясидаги ташиш жараёнини юмшоқ режимда амалга оширишга имкон берадиган, илмий асосланган техник ечимга эга бўлган мосламалар (таъминлагич, тоштутгич, сепаратор) яратилган.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Мурадов Р. Пахтани дастлабки ишлаш технологиясидаги ташиш жараёнининг самарадорлигини ошириш асослари: Техн. фан. докт. диссертацияси. Тошкент, 2004. – 289 б.
- [2] Бурнашев Р., Мурадов Р., Саримсаков О. Пахтани кайта ишлаш жараёнидаги ва унинг машиналар ишчи органлари билан ўзаро таъсирини ўрганиш // «Механика муаммолари» Ўзбекистон журнали. 2001.
- [3] Ахмедходжаев Х.Т. Исследование транспортирования хлопка-сырца в металлополимерных трубопроводах и их влияние на качество волокна и семян: Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1980.
- [4] Кадырходжаев С.К. Разработка сепаратора для хлопка-сырца с целью сохранения его качественных показателей и сокращения потерь волокна: Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1986.
- [5] Мурадов Р. Пахта тозалаш корхоналарини самарадорлигини ошириш // Ж. “Ўзбекистон иқтисодий ахборотномаси”. 1999.
- [6] Мурадов Р., Мамарасулов Х. К вопросу улучшения экологической обстановки на хлопкозаводах // Меж. науч.-тех. конф. в НИЭИ: Тез. докл. Наманган, 1994.

Наманган муҳандислик-технология институти

26.03.2019
қабул қилинган

М. Саломова, Ф. Рахимов, Х. Касимов. Усовершенствование элементов устройства пневмотранспорта
В данной статье рассмотрены процесс транспортировки хлопка-сырца при его первичной обработке и создание эффективных конструкций основных элементов.

M. Salomova, F. Rakhimov, H. Kasimov. Improvement of the elements of the device pneumatic transport
In the article, the designs of the elements of the pneumatic transport unit have been improved in order to improve the efficiency of the cotton processing technology.

УДК 532.5

А.С. ТОЖИБОВ, А. ПАРПИЕВ, К.Ф. ЧОРИЕВ, К.Э. ШЕРНАЗАРОВ

АНАЛИЗ ВОПРОСА СЕПАРАЦИИ ХЛОПКА-СЫРЦА

Одним из основных узлов пневмотранспортной установки является сепаратор, от показателей работы которого во многом зависит эффективность пневмотранспортных установок хлопка-сырца. Основные требования, предъявляемые к сепаратору, – отделить хлопок-сырец от транспортирующего воздуха без ухудшения его природных качеств, обеспечить устойчивую работу пневмотранспортирования при минимальных затратах давления. Движение хлопко-воздушной среды в канале можно рассмотреть как течение двухслойной жидкости (среды) с различными плотностями. С точки зрения технологии задача заключается в том, чтобы верхний слой (воздух) направить в один канал, а нижний, более плотный (хлопок) по сравнению с воздухом – в другой канал (рис.1) [1].

Из условия непрерывности следует, что скорости на выходе каналов равны

$$\left. \begin{aligned} v_{c1} &= v_1 \left(\frac{h_1}{H_1} \right), & v_{c2} &= v_2 \frac{h_2}{H_2}. \\ \text{Перепады давления должны быть (на выходе)} & \\ p_{c1} - p_\infty &= \frac{\rho_1}{2} (v_{1\infty}^2 - v_{c1}^2), & p_{c2} - p_\infty &= \frac{\rho_2}{2} (v_{2\infty}^2 - v_{c2}^2) \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

где h_1, H_1 – толщина слоев жидкости; h_2, H_2 – толщина каналов; ρ_1, ρ_2 – плотности каждой фазы на выходе.

Отсюда с учетом

$$\frac{h_1}{H_1} = \frac{v_{c1}}{v_{1\infty}}, \quad \frac{h_2}{H_2} = \frac{v_{c2}}{v_{2\infty}}$$

имеем

$$\left. \begin{aligned} \Delta p_1 &= \frac{\rho_1 v_{1\infty}^2}{2} \left[1 - \left(\frac{h_1}{H_1} \right)^2 \right] \dots \dots \dots \Delta p_1 = p_{c1} - p_\infty \\ \Delta p_2 &= \frac{\rho_2 v_{2\infty}^2}{2} \left[1 - \left(\frac{h_2}{H_2} \right)^2 \right] \dots \dots \dots \Delta p_2 = p_{c2} - p_\infty \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Таким образом, поддерживая найденные значения перепадов давления, можно отделить чистый воздух от хлопковой смеси. Однако точка встречи линии раздела двух слоев с разделителем, т.е. критическая точка, может не совпадать с вершиной разделителя, что неизбежно сопровождается большими градиентами скорости и давления (см. рис. 1, в окрестности точки B). В свою очередь это порождает нежелательную для технологических процессов неоднородность течения. В результате действия неоднородностей в канале могут образовываться отрывы потока, вихревые течения, вся среда может перемешиваться, а хлопковая смесь скручиваться в жгуты. Во избежание нежелательных явлений необходимо добиваться, чтобы течение среды (жидкости) было однородным и сконструировать разделитель потока так, чтобы критическая точка совпала с вершиной разделителя (см. рис. 1, с точкой B). Такое совпадение можно обеспечить, если геометрические размеры канала, параметры течения будут связаны условием минимума градиента скорости или давления вблизи критической точки или другим условием. Чтобы применить эти условия, необходимо решить гидродинамическую задачу о течении двухслойной среды (жидкости) в канале разделителем (см. рис. 1).

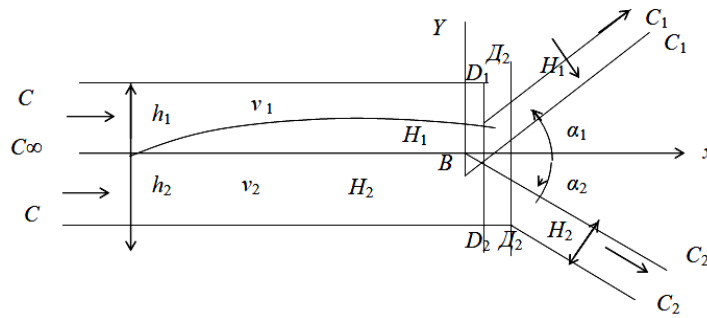


Рис. 1. Область течения $z=x+iy$

Рассмотрим стационарное течение идеальной двухслойной жидкости (сплошной среды) по каналу с разветвлением на два рукава. Верхний слой жидкости плотностью ρ_1 уходит по верхнему, а нижний слой плотностью ρ_2 – по другому каналу (см. рис. 1). Z является линией раздела среды.

Целесообразно рассмотреть следующую аналитическую функцию:

$$W_{n(z)} = \ln \left(\frac{1}{v_0} \cdot \frac{dw_k}{dz} \right) = \ln \frac{v_k}{v_0} - i o_k. \quad (3)$$

Здесь

$$\frac{dw_k}{dz} = v_{ko} e^{w_k(z)}, \quad w_k = \lambda_k - i o_k, \quad X_k = \ln \frac{v_k}{v_\infty} \quad (k=1, 2).$$

Распределение давления находится из уравнения Бернулли

$$P_k = P_\infty + \frac{1}{2} \rho (v_{k\infty}^2 - |v_k|^2) \quad (k=1, 2), \quad (4)$$

где

$$|v_k|^2 = \left| \frac{dw_k}{dz} \right|^2 = v_{ko}^2 e^{2X_k}.$$

На линии Z должны выполняться кинематические и динамические условия

$$\left. \begin{aligned} v_{1\infty} e^{X_1} \sin O_1 &= v_{2\infty} e^{X_2} \sin O_2 \\ \rho_1 \frac{v_{1\infty}^2}{2} (1 - e^{2X_1}) &= \rho_2 \frac{v_{2\infty}^2}{2} (1 - e^{2X_2}) \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Очевидна не линейность граничных условий (5). В связи с этим положим, что

$$|W_k(z)| \ll 1 \quad (k=1, 2).$$

Пренебрегая членами второго и более высокого порядка малости, имеем

$$\frac{dW}{dz} = v_{k\infty} (1 - W_{k(z)}).$$

Введем обозначение

$$\Omega_k(z) = v_{k\infty} w_{k(z)} = U_k - i v_k.$$

Тогда

$$|v_k|^2 = \left| \frac{dW_k}{dz} \right| = |v_{k\infty}^2 (1 + w_{k(z)})| \approx |v_{k\infty} + \Omega_k(z)|^2 \approx v_{k\infty}^2 + 2v_{k\infty} U_k,$$

где U_k, v_k ($k=1, 2$) – составляющие скоростей малых возмущений жидкости.

Пользуясь (4), распределение давления опишем формулой

$$P_k = P_\infty + \frac{1}{2} \rho_k [v_{k\infty}^2 - (v_{k\infty}^2 + 2v_{k\infty} U_k)] \approx P_\infty - \rho_k v_{k\infty} U_k \quad (k=1, 2) \quad (6)$$

В случае малости w_k все граничные условия можно отнести к невозмущенным границам. В частности

$$\begin{aligned} v_1(x_1 + 0) &= v_2(x_1 + 0), \\ P_1 v_{1\infty} U_1(x_1 + 0) &= P_2 v_{2\infty} U_2(x_1 - 0). \end{aligned} \quad (7)$$

Вместо функции dw/dz рассмотрим аналитическую функцию

$$\Omega(z) = \begin{cases} \Omega_1(z), & I_m Z \geq 0, \\ A\Omega_2(z) + B\Omega_1(z), & I_m Z < 0. \end{cases} \quad (8)$$

Отсюда с учетом (z) и (8) имеем

$$A = \frac{2}{\lambda + 1}, \quad B = A - 1, \quad \lambda = \frac{\rho_1 v_{1\infty}}{\rho_2 v_{2\infty}}.$$

Предположим, что $H_1 = H_2 = H$. В этом случае на твердых границах канала известна $\Im_m \Omega(z) = U - i v$. Действительно,

$$\Im_m \Omega(z) = -v = \begin{cases} 0 & \text{на } CD_1(x \in (-\infty; +L_1), y = +H); \\ -a_1 v_{1\infty} & \text{на } D_1 CB(x \in (+L_2; +\infty), y = +H); \\ x \in (0; \infty), y = +0; \\ A a_2 v_{2\infty} + B a_1 v_{1\infty} & \text{на } BC_2 D_2(x \in (0; \infty), y = -0); \\ x \in (+\infty; L_2), y = -H; \\ B a_1 v_{1\infty} & \text{на } D_2 D_1(x \in (L_1; L_2), y = -H); \\ 0 & \text{на } D_2 C(x \in (L_2; -\infty), y = -H). \end{cases}$$

После линеаризации нелинейной задачи величина горизонтальных скоростей U_1, U_2 каждого из слоев жидкости при $x \rightarrow +\infty$ принимает значение

$$\left. \begin{aligned} U_{1\infty} &= v_{1\infty} \frac{a_1 L_1 - \delta_\infty}{H} \\ U_{2\infty} &= v_{2\infty} \frac{a_2 L_2 - \delta_\infty}{H} \end{aligned} \right\}. \quad (9)$$

Здесь δ_∞ – малая величина, равная расстоянию линии раздела Z при $x \rightarrow +\infty$ от прямой $y=0$ (рис. 2). $v_{1\infty}H$ и $v_{2\infty}H$ – расходы смесей по сечениям C_0C^+ и C_0C^- . Тогда $v_{1\infty}=a_1v_{1\infty}$ и $v_{2\infty}=a_2v_{2\infty}$ – скорости жидкости при $x \rightarrow +\infty$.

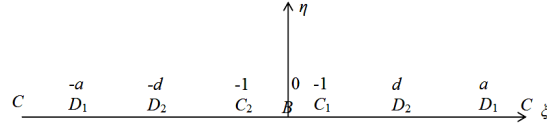


Рис. 2. Каноническая область $t=\xi+i\eta$

При этом вблизи точки разветвления (в точке B) – комплексная сопряженная скорость имеет степенную особенность [2]:

$$\Omega = |z|^{-\frac{1}{2}} \text{ при } z \rightarrow 0$$

$$\Omega \rightarrow 0 \quad \text{при } x \rightarrow +\infty, y \in (-H; +H). \quad (10)$$

Для решения сформулированной задачи отобразим область течения (см. рис. 1) на верхней полуплоскости параметрического переменного $t=\xi+i\eta$ (рис. 3). В данном случае

$$z(t) = -\frac{H}{\pi} \Rightarrow -\ln(t^2 - 1). \quad (11)$$

Параметры отображения $a>d>1$ находятся из условия равенства соответствующих точек:

$$\left. \begin{aligned} Z_{D1} &= -\frac{H}{\pi} \ln(1-t_{D1}^2) \\ Z_{D2} &= -\frac{H}{\pi} \ln(1-t_{D2}^2) \end{aligned} \right\}.$$

Отсюда с учетом $Z_{D1}=L_1$ и $Z_{D2}=L_2$ получим

$$\left. \begin{aligned} a &= (1 + e^{-\frac{L_1}{H}})^{\frac{1}{2}} \\ a &= (1 + e^{-\frac{L_2}{H}})^{\frac{1}{2}} \end{aligned} \right\}. \quad (12)$$

Решение краевой задачи для функции $\Omega=U-iV$ в $t=\xi+i\eta$ плоскости описывается обобщенным оператором Шварца [2]:

$$\Omega(z(t)) = \Omega(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{-V(\xi)d\xi}{t-\xi} + \frac{A_0}{t} = \frac{A_0}{t} + \frac{a_1v_{1\infty}}{\pi} \left[B \int_{-\infty}^a \frac{d\xi}{t-\xi} + A\lambda_0 \int_d^0 \frac{d\xi}{t-\xi} - \int_a^0 \frac{d\xi}{t-\xi} \right], \quad (13)$$

$$\text{где } \lambda_0 = \frac{a_2v_{2\infty}}{a_1v_{1\infty}}.$$

В точках C_1 и C_2 получаем

$$\left. \begin{aligned} \Omega_{c1} &= U_{c1} - iV_{c1} = U_{1\infty} - iV_{1\infty} \\ \Omega_{c2} &= U_{c2} - iV_{c2} = AU_{2\infty} + BV_{1\infty} + i(BU_{1\infty} - BV_{2\infty}) \end{aligned} \right\}, \quad (14)$$

$$\text{где } A_0 = \frac{v_{2\infty}\delta_\infty}{H} + \frac{a_1v_{2\infty}}{\pi} A[\lambda_0 \ln(d+1) - \lambda \ln(a+1)].$$

Из (14) можно получить равенство

$$\delta_\infty(v_{1\infty} - v_{2\infty}) = 0.$$

Для распределения избыточного давления верхнего или нижнего слоев жидкости имеем

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_1 &= P_1 - P_\infty = p_1 a_1 v_{1\infty}^2 U_1 \\ \Delta P_2 &= P_2 - P_\infty = p_2 a_2 v_{2\infty}^2 U_2 \end{aligned} \right\}, \quad (15)$$

где

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= -\frac{u_1}{a_1 v_{1\infty}} = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\left| \frac{a+t}{t} \right|^B \cdot \left| \frac{a-t}{t} \right| \cdot \left| \frac{d+t}{t} \right|^{A\lambda_0} \right) \right] - \frac{1}{t} \cdot \frac{A_0}{a_1 v_{1\infty}} \\ t &= (1 - e^{-\infty/H})^{\frac{1}{2}}; , , t \in [0; 1] \Rightarrow x \in [0; \infty], y = 0; \\ t &= (1 + e^{-\infty/H})^{\frac{1}{2}}; t \in [1; \infty] \rightarrow x \in (-\infty; +\infty), y = +H; \\ U_2 &= -\frac{u_2}{a_1 v_{2\infty}} = \frac{1}{\pi} \left[\ln \left(\left| \frac{a+t_1}{t_1} \right| \cdot \left| \frac{a+t_1}{t_1} \right|^{A\lambda/\lambda_0} \cdot \left| \frac{t_1}{d+t_1} \right|^B \right) \right] + \frac{1}{t_1} \cdot \frac{A_0}{a_2 v_{2\infty}} \\ t &= -t = (1 - e^{-\infty/H})^{\frac{1}{2}}; , , t \in [-1; \infty] \Rightarrow x \in [a; +\infty], y = -0; \\ t &= -t = (1 + e^{-\infty/H})^{\frac{1}{2}}; t \in [-\infty; -1] \Rightarrow x \in (-\infty; +\infty), y = -H; \end{aligned} \right\}. \quad (16)$$

Уравнение линии раздела

$$y = F_x(x); (x, y) \in z$$

удовлетворяет уравнению

$$\frac{dF_x}{dx} = \frac{V}{v_{1\infty} + U_x} = \frac{V_x}{V_{ix}}.$$

Отсюда

$$F_x(-x) = \int_0^H \frac{V_x}{V_{i\infty}} dx, x \in (-\infty; 0].$$

Тогда

$$F_x(x(\eta)) = \int_0^\eta \frac{V_x}{V_{i\infty}} \frac{dx}{d\eta} d\eta. \quad (17)$$

На линии Z с учетом (16) и $t=i\eta$ имеем

$$\begin{aligned} U_x &= -\frac{a_1 v_{1\infty}}{\pi} \left[(B+1) \ln \frac{\sqrt{a^2 + \eta^2}}{\eta} + A\lambda \ln \frac{\sqrt{a^2 + \eta^2}}{\eta} \right], \\ V_x &= \frac{A_0}{\eta} - \frac{a_1 v_{1\infty}}{\pi} \left[(1-B) \operatorname{arctg} \frac{a}{\eta} - A\lambda \operatorname{arctg} \frac{d}{\eta} \right], B+1 = A. \end{aligned}$$

Явный вид уравнения для Z описывается выражением

$$F_x(z) = -\frac{2H}{\pi} \left\{ \frac{A_0}{v_{1\infty}} \operatorname{arctg} \eta + \frac{a_1 A}{\pi} [\lambda(I(\eta, a) - I(\eta, d))] \right\}, \quad (18)$$

$$\text{где } I(\eta, a) = \int_0^\eta \operatorname{arctg} \frac{p}{\tau} \cdot \frac{\tau d\tau}{1+\tau^2}, \text{ причем } \frac{dx}{d\eta} = -\frac{2H\eta}{\pi} \cdot \frac{1}{1+\eta^2}.$$

Поэтому

$$F_z(x=0) = 0; F_z(x=-\infty) = +\delta.$$

В частности, если положить $A=0$, то из (14)

$$\delta_\infty = a_1 H \cdot \frac{A}{\pi} \lambda [\ln(a+1) - \ln(d+1)]. \quad (19)$$

Введем коэффициенты перепада давления

$$C_{p1\infty} = \frac{2(P_{C1} - p_{\infty})}{p_1 a_1 v_{\infty}^2}; \quad C_{p2\infty} = \frac{2(P_{C2} - p_{\infty})}{p_2 a_2 v_{\infty}^2}. \quad (20)$$

Здесь $P_{C1} = P_{\infty} - p_1 v_{\infty}^2 \frac{(a_1 L_1 - \delta_{\infty})}{H}$; $P_{C2} = P_{\infty} - p_2 v_{\infty}^2 \frac{(a_2 L_2 - \delta_{\infty})}{H}$ при $v_{1\infty} = v_{2\infty} = v_{\infty}$; P_{C1} и P_{C2} – давление на бесконечности справа в каналах C_1 и C_2 .

В соответствии с (20), (19) имеем

$$\left. \begin{aligned} C_{p1\infty} &= -\frac{4}{\pi} \cdot \frac{p_2}{p_1 + p_2} \left[\frac{p_2}{p_1} \ln \left(1 + \sqrt{1 + e^{-\frac{a_2}{\pi}}} \right) - \frac{a_1}{a_2} \ln \left(1 + \sqrt{1 + e^{-\frac{a_2}{\pi}}} \right) \right] - \frac{2L_1}{H} \\ C_{p2\infty} &= -\frac{4}{\pi} \cdot \frac{p_1}{p_1 + p_2} \left[\frac{p_2}{p_1} \ln \left(1 + \sqrt{1 + e^{-\frac{a_2}{\pi}}} \right) - \frac{a_1}{a_2} \ln \left(1 + \sqrt{1 + e^{-\frac{a_1}{\pi}}} \right) \right] - \frac{2L_2}{H} \end{aligned} \right\}. \quad (21)$$

При $L_1=L_2=0$ формула (20) упрощается:

$$\left. \begin{aligned} C_{p1\infty} &= -\frac{4p_2}{\pi(p_1 + p_2)} \cdot \left(\frac{p_1}{p_2} - \frac{a_2}{a_1} \right) \ln 2 \\ C_{p2\infty} &= -\frac{4p_1}{\pi(p_1 + p_2)} \cdot \left(\frac{p_2}{p_1} - \frac{a_1}{a_2} \right) \ln 2 \end{aligned} \right\}. \quad (22)$$

Проведены числовые расчеты безразмерных величин в зависимости от их аргумента x/H по формулам

$$V = \frac{v_1}{(a_1 v_{1\infty})}, \quad F = \frac{F_1}{(a_1 H)}.$$

Причем эти величины вычислялись по формулам

$$\left. \begin{aligned} v_1 &= \frac{A\lambda}{\pi} \left(\operatorname{arctg} \frac{a}{\eta} - v \operatorname{arctg} \frac{d}{\eta} \right) \\ F &= \frac{2F\lambda}{\pi^2} [vI(\eta, d) - I(\eta, a)] \end{aligned} \right\}, \quad (23)$$

где

$$v = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{p_2 a_2 v_{2\infty}^2}{p_1 a_1 v_{1\infty}^2}, \quad \lambda = \frac{a_2 v_{2\infty}}{a_1 v_{1\infty}}, \quad \lambda = \frac{a_1 v_{1\infty}}{a_2 v_{2\infty}}.$$

На рис. 3 и 4 цифрами обозначены кривые, для которых заданы следующие параметры:

- 1) – $\lambda = 2/3$, $\lambda = 1.60$, $v \approx 2.40$, $\delta_{\infty} = 0$;
- 2) – $\lambda = 2/3$, $\lambda = 1.6834$, $v \approx 2.5252$, $\delta_{\infty} = 0.0224$;
- 3) – $\lambda = 2/3$, $\lambda = 1.750$, $v \approx 2.6250$, $\delta_{\infty} = 0.0179$; при $a = 4.9133$ ($L_1 = -H$);
 $d = 1.0213$ ($L_2 = H$).

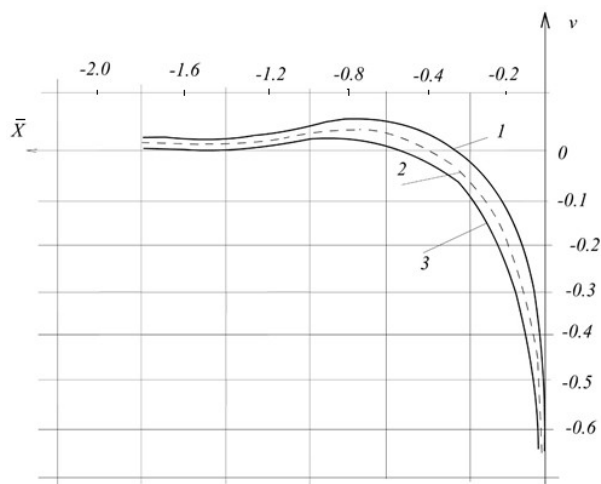


Рис. 3. Значение скорости v_1

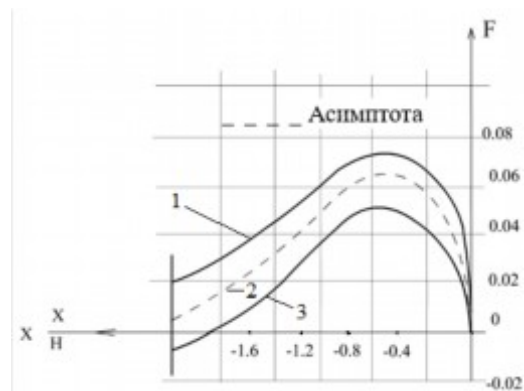


Рис. 4. Изменение значения F

Если $\delta_\infty=0$, тогда $v_{1\infty}$ и $v_{2\infty}$ могут принимать любые произвольные значения. Если $\delta_\infty \neq 0$, то $v_{1\infty}=v_{2\infty}$. Тогда при некотором значении $\eta=\eta_x$ $x=x_x$ вертикальная скорость на линии Z будет равна нулю – $v_1=0$ и функция $F=F_x(x)$ достигнет максимального значения. Предполагалось, что вершина B разделителя находится на разных расстояниях от горизонтальных стенок канала, при этом толщина верхнего потока $L_1=H-\delta_\infty$, а нижнего – $L_2=H+\delta_\infty$, тогда разделитель должен быть сдвинут вертикально вниз на малое расстояние, равное δ_∞ . Установлено, что с ростом обоих углов коэффициент сопротивления уменьшается. При углах $\alpha_1=45^\circ$ и $\alpha_1=75^\circ$ этот показатель оказался наилучшим.

Таким образом, разработан единый математический аппарат о построении решения задач движений двух смесей в закрытом канале, на основе которых получены возможные расчетные параметры и численные данные об изменении расхода, плотности хлопка-сырца, связи между углами наклонов, коэффициента сопротивления от начальной скорости воздуха по рукавам трубопровода сепаратора хлопко-сырца.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кадырхаджаев С.Х. Разработка сепаратора для хлопко-сырца с целью сохранения его качественных показателей и сокращения потерь волокна: Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент, 1986. – 161 с.
- [2] Таджибаев А., Сайдамов М.М., Таджибаева Ф.А. Расчетные параметры при разделении потока в сепараторе // Международная научно-практическая конференция «Текстиль – 2000». Ташкент, 2000. С. 170 – 174.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Дата поступления
01.11.2018

А.С. Тожибоев, А. Парпиев, К.Ф. Чориев, К.Э. Шерназаров. Пахтани ҳаводан ажратилиш масаласини таҳлили

Мақолада берк каналда икки аралашма ҳаракатининг яхлит математик моделини ишлаб чиқиш асосида пахта-ҳаво аралашмасини икки трубага ажратувчи каналда икки қатламли суюқлик оқими тўғрисидаги масала тадқиқ қилинган. Ажратилиш чизиги тенгламаси ва ортиқча босимни аниқлаш формуллари олинган. Сонли ҳисоблар ўтказилган ва ўлчамсиз вертикал тезлик ва икки қатламли суюқликни ажратилиш чизиги ва бошқа керакли аралашма сепарациясининг ҳисобий кўрсаткичларининг ўзгариш графикалари келтирилган.

A.S. Tojiboyev, A. Parpiev, K.F. Choriev, K.E. Shernazarov. Analysis of the issue of separation of raw cotton

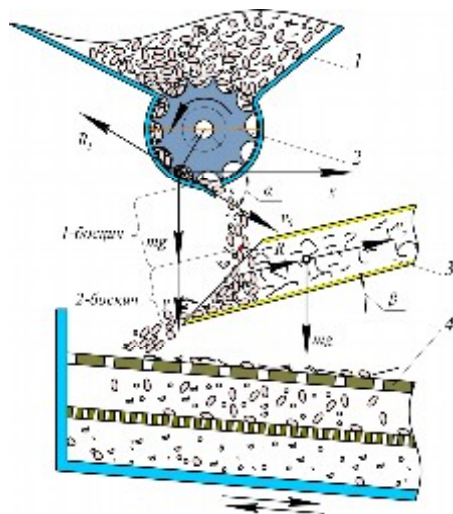
A single mathematical apparatus on the movement of two mixtures in a closed channel has been developed, on the basis of which the problem of the flow of a two-layer fluid in a channel with the separation of a cotton-air mixture through two sleeves has been investigated. Formulas are obtained for determining the excess pressure and the equation of the dividing line. Numerical calculations were carried out and graphs of changes in the dimensionless vertical velocity and the interface line of the two-layer fluid and other necessary calculated parameters of the mixture separation were presented.

УРУҒ ТОЗАЛАШ МАШИНАСИДА ЕНГИЛ АРАЛАШМАЛАР ҲАРАКАТИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ

Бугунги кунларда кунгабоқар, махсар ва соя ҳосили Кейс-2366, Доминатор-130, Нью-Холланд ТС-5060 каби замонавий комбайнлар ёрдамида йиғиштириб олинмоқда. Комбайнларда йиғиштирилган мойли экинлар уруғи таркибида 8–13 % атрофида бегона қўшилмалар бўлади. Уларнинг 2–3 % енгил аралашмаларга тўғри келади [1–3]. Уруғ таркибидаги енгил аралашмаларни ажратишда асосан ҳаво оқимли ёки ҳаво-ғалвирли уруғ тозалаш машиналаридан фойдаланилади [4]. Аммо бу машиналарнинг конструкцияси мураккаб, ташки ўлчамлари ва массаси катта, энергия сарфи юқори. Мазкур камчиликларни бартараф этиш мақсадида ҚХМИТИ да мойли экинлар уруғини бирламчи тозалайдиган ресурстежамкор кичик машина ишлаб чиқилди [5, 6]. Машина устма-уст жойлашган таъминлагич жўвали уруғ бункери 1, ҳаво сўриш қувури 2 ва тебранма ҳаракат қилувчи 3 ғалвирлардан иборат (1-расм).

Мазкур машинада уруғ таркибидаги енгил аралашмаларни ҳаво оқими ёрдамида ажратиб олиниш жараёнини ўрганиш учун уларни сўриш қувури 3 зонасидаги ҳаракатини тадқиқ этамиз.

Технологик иш жараёнида уруғли аралашма таъминлагич жўвадан чиққандан сўнг эркин ҳаракатланиб, сўриш қувурининг оғзига келиб тушади. Шу сабабли қувур оғзини таъминлагич жўвага нисбатан шундай жойлаштириш лозимки, токи бунда оғзининг юқориги чеккаси таъминлагич жўвадан тушаётган уруғларни сўриш қувурига тушмасдан ташқарида қолиб кетмаслигини, пастки қисми эса уруғларни ғалвирнинг бош қисмига ташлаб беришни таъминласин. Уруғли аралашманинг ҳаракат жараёни икки босқичда кечади. Биринчи босқичда уруғли аралашма v_0 чизиқли тезлик билан таъминлагичдан чиқиб, сўриш қувурининг оғзигача (ҳаво оқими таъсир зонасигача) эркин ҳаракат қилади. Иккинчи босқичда аралашма сўрувчи ҳаво оқими таъсир этаётган зонага киради ва ҳаво оқими таъсирида ҳаракатланади. Уруғли аралашманинг ҳар икки босқичдаги ҳаракатини кўриб чиқамиз.



1-расм. Уруғ тозалаш машинасининг иш жараёни: 1 – бункер; 2 – таъминлагич жўва; 3 – сўриш қувури; 4 – ғалвир

1-босқич. Таъминлагичнинг туйнугидан v_0 тезлик билан отилиб чиқаётган m массали аралашмага оғирлик кучи mg ва $\bar{v}_0$ векторга тескари йўналган ҳавонинг қаршилик кучи $\bar{R}_1$ таъсир этади. Бу кучнинг модули $R_1 = mK_n v_0^2$ (K_n – аралашманинг паруслик коэффицент, 1/м)

Аралашмага таъсир этувчи кучларнинг x, y ўқларидаги проекциялари:

$$m\ddot{x} = -R_{1x} = -mK_n \dot{x}^2,$$

$$m\ddot{y} = mg - R_{1y} = mg - mK_n \dot{y}^2$$

ёки аралашманинг x, y координаталар системасига нисбатан ҳаракатининг дифференциал тенгламаси:

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= -K_n \dot{x}^2, \\ \ddot{y} &= g - K_n \dot{y}^2, \end{aligned} \quad (1)$$

бунда $\dot{x} = v_x, \dot{y} = v_y$ – аралашма тезлигининг x ва y ўқларидаги проекциялари, м/с; $\alpha - \bar{v}_0$ вектор ва x ўқи орасидаги бурчак, градус; g – эркин тушиш тезланиши, м/с², (1-расм).

(1) системанинг биринчи тенгламасига $z = \dot{x}$ белгилаш киритиб, $\dot{z} = -K_n z^2$ тенгламага келамиз. $z(0) = \dot{x}(0) = V_{0x} = v_0 \cdot \cos \alpha$ бошланғич шартни ҳисоб олганда унинг ечими қуйидагича бўлади [7]:

$$\dot{x} = z = \frac{1}{K_n t + \frac{1}{v_0 \cos \alpha}}. \quad (2)$$

(2) тенгламанинг $x(0)=0$ бошланғич шарт билан ечими [8]:

$$x = \frac{1}{K_n} \ln(K_n v_0 t \cos \alpha + 1). \quad (3)$$

(1) системанинг иккинчи тенгламасига $z = \dot{y}$ белгилашни киритиб, $\dot{z} = g - K_n z^2$ тенгламанинг ечимини қидирамиз.

Оғирлик кучи ҳавонинг қаршилигидан катта бўлганлиги сабабли $g / K_n > \dot{z}^2$ тенгсизлик ўринли бўлади. Тенгламанинг умумий ечими [8]:

$$\ln \frac{\sqrt{\frac{g}{K_n}} + z}{\sqrt{\frac{g}{K_n}} - z} = 2\sqrt{gK_n}t + C. \quad (4)$$

$z(0) = \dot{y}(0) = v_{0y} = v_0 \sin \alpha$ бошланғич шартда C қуйидагига тенг бўлади:

$$C = \ln \frac{\sqrt{\frac{g}{K_n}} + v_0 \sin \alpha}{\sqrt{\frac{g}{K_n}} - v_0 \sin \alpha}.$$

C нинг бу ифодасини (4) тенгликка қўйиб, z га нисбатан ечсак,

$$\dot{y} = z = \sqrt{\frac{g}{K_n}} \cdot \frac{Be^{2\sqrt{gK_n}t} - 1}{Be^{2\sqrt{gK_n}t} + 1}, \quad (5)$$

бунда $B = \left(\sqrt{\frac{g}{K_n}} + v_0 \sin \alpha \right) : \left(\sqrt{\frac{g}{K_n}} - v_0 \sin \alpha \right).$

(5) ифодани интеграллаб ва $y(0)=0$ бошланғич шарт бўйича ечиб, қуйидаги якуний натижани оламиз:

$$y = \frac{1}{K_n} \ln \frac{Be^{2\sqrt{gK_n}t} + 1}{B + 1} - \sqrt{\frac{g}{K_n}} t. \quad (6)$$

(3) ва (6) ифодалар уруғли аралашманинг жўва ва сўрувчи қувур оралиғидаги ҳаракат тенгламаларидир.

(6) тенгламадан уруғли аралашмалар томонидан таъминлагич жўвадан сўриш қувури оралиғини босиб ўтишга сарфланадиган чегаравий t_q вақтни аниқлаш мумкин. Бунинг учун (6) ни қуйидагича ёзамиз:

$$\frac{1}{K_n} \ln \frac{Be^{2\sqrt{gK_n}t_q} + 1}{B + 1} - \sqrt{\frac{g}{K_n}} \cdot t_q = h_c, \quad (7)$$

бунда h_c – таъминлагич жўвадан сўриш қувуригача бўлган тик масофа.

(7) тенглама t_q вақтга нисбатан сонли усуллар ёрдамида ечилади.

2-босқич. Биринчи босқич якунида, яъни $t = t_q$ вақтдан бошлаб уруғлар таркибидаги энгил аралашмалар сўриш қувуридаги ҳаво оқими таъсирида ҳаракатланиб, ташқарига чиқиб кетади, уруғлар эса ғалвирга тушади.

Зарраинг x ва y ўқлари бўйлаб ҳаракат тенгламалари:

$$m\ddot{x} = mK_n(\dot{x} + v_c \cos \beta)^2, \quad m\ddot{y} = mg - mK_n(\dot{y} - v_c \sin \beta)^2$$

ёки

$$\begin{cases} \ddot{x} = K_n(\dot{x} + v_c \cos \beta)^2 \\ \ddot{y} = -K_n(\dot{y} - v_c \sin \beta)^2 + g \end{cases} \quad (8)$$

бунда v_c – сўриш қузури ичидаги ҳавонинг тезлиги, м/с; β – сўриш қувурининг горизонтга нисбатан ўрнатилиш бурчаги, градус.

(8) системанинг биринчи тенгламасига $z = \dot{x} + v_c \cos \beta$ ва $\dot{z} = \ddot{x}$ белгилашларни киритсак, $\dot{z} = K_n z^2$ бунинг ечими [7]:

$$z = \frac{1}{C - K_n t}. \quad (9)$$

C доимийсини аниқлашда 1-босқичнинг охириги шarti (2) 2-босқичнинг бошланғич шarti бўлишини, яъни $t=t_q$ (аралашмадан вақт уруғни ажралиб чиқиш вақти) да

$$z(t_q) = \dot{x}(t_q) + v_c \cos \beta = \frac{1}{K_n t_q + \frac{1}{v_0 \cos \alpha}} + v_c \cos \beta \quad \text{бу шартни (9) га қўйиб, } C \text{ интеграл}$$

доимийсини аниқлаймиз:

$$C = \frac{K_n t_q v_0 \cos \alpha + 1}{v_0 \cos \alpha + (K_n t_q v_0 \cos \alpha + 1)v_c \cos \beta} + K_n t_q. \quad (10)$$

$\dot{x} = z - v_c \cos \beta$ бўлгани учун (9) ҳисобга олганда,

$$\dot{x} = \frac{1}{C - K_n t} - v_c \cos \beta \quad (11)$$

Бу тенгламанинг ечими [7]:

$$x = -\frac{1}{K_n} \ln |C - K_n t| - v_c \cos \beta \cdot t + C_1. \quad (12)$$

(12) дан:

$$C_1 = x + \frac{1}{K_n} \ln |C - K_n t| + v_c \cos \beta \cdot t.$$

$$x = x(t_q) \quad \text{да} \quad C_1 = x(t_q) + \frac{1}{K_n} \ln |C - K_n t_q| + v_c \cos \beta \cdot t_q. \quad (13)$$

(3) га мувофиқ $x(t_q) = \frac{1}{K_n} \ln (K_n v_0 t_q \cos \alpha + 1)$ бошланғич шарт ифодасини (13) га қўйиб,

муайян амаллардан сўнг оламиз:

$$C_1 = \frac{1}{K_n} \ln \frac{(K_n t_q v_0 \cos \alpha + 1)^2}{|v_0 \cos \alpha + (K_n t_q v_0 \cos \alpha + 1)v_c \cos \beta|} + v_c t_q \cos \beta \quad (14)$$

C ва C_1 доимийларнинг (10) ва (14) бўйича ифодаларини (12) га қўйсак, аралашма заррачасининг x ўқи бўйича ҳаракат тенгламаси келиб чиқади:

$$x = \frac{1}{K_n} \ln \frac{(K_n t_q v_0 \cos \alpha + 1)^2}{(K_n t_q v_0 \cos \alpha + 1) - K_n (t - t_q) [v_0 \cos \alpha + (K_n t_q v_0 \cos \alpha + 1)v_c \cos \beta]} - v_c (t - t_q) \cos \beta. \quad (15)$$

(8) системанинг иккинчи тенгламасига $z = \dot{y} - v_c \sin \beta$ белгилашни киритамиз. Бунда $\dot{z} = \ddot{y}$. Демак, $\dot{z} = g - K_n z^2$. Бу тенгламанинг умумий ечимини юқорида келтирилган (4) ифода кўринишида оламиз [8].

$z(t_q) = \dot{y}(t_q) - v_c \sin \beta$ бошланғич шартдан фойдаланиб C интеграл доимийсини топамиз:

$$C = \ln \frac{\sqrt{\frac{g}{K_n}} + z(t_q)}{\sqrt{\frac{g}{K_n}} - z(t_q)} - 2t_q \sqrt{gK_n}. \quad (16)$$

$z(t_q) = \dot{y}(t_q) - v_c \sin \beta$ тенгламага $\dot{y}(t_q)$ нинг (5) бўйича ифодасини қўямиз:

$$z(t_q) = \sqrt{\frac{g}{K_n}} \cdot \frac{Be^{2t_q \sqrt{gK_n}} - 1}{Be^{2t_q \sqrt{gK_n}} + 1} - v_c \sin \beta. \quad (17)$$

$z(t_q)$ нинг бу ифодасини (16) га қўйиб, ёзамиз:

$$C = \ln \frac{\left(2\sqrt{\frac{g}{K_n}} Be^{2t_q \sqrt{gK_n}} \right) : (Be^{2t_q \sqrt{gK_n}} + 1) - v_c \sin \beta}{2\sqrt{\frac{g}{K_n}} : (Be^{2t_q \sqrt{gK_n}} + 1) + v_c \sin \beta} - 2t_q \sqrt{gK_n}.$$

$$z(t_q) = \dot{y}(t_q) + v_c \sin \beta = \sqrt{\frac{g}{K_n}} \cdot \frac{Be^{2\sqrt{gK_n}t_q} - 1}{Be^{2\sqrt{gK_n}t_q} + 1} - v_c \sin \beta \text{ ифодани ҳисобга олсак,}$$

$$\dot{y} = \frac{\sqrt{\frac{g}{K_n}} (e^{2\sqrt{gK_n}t+C} - 1)}{e^{2\sqrt{gK_n}t+C} + 1} + v_c \sin \beta. \quad (18)$$

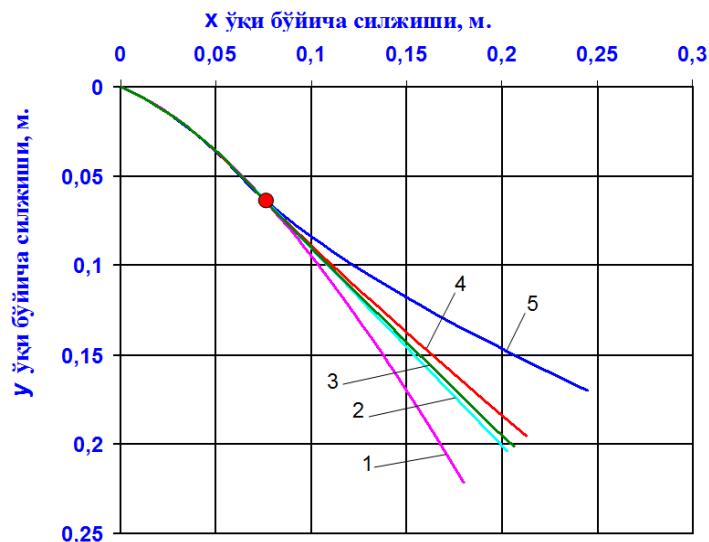
$$y(t_q) = \frac{1}{K_n} \ln \frac{Be^{2\sqrt{gK_n}t_q} + 1}{B + 1} - t_q \sqrt{\frac{g}{K_n}} \text{ бошланғич шартни ҳисобга олганда, (18) тенгламанинг}$$

ечими ёки заррачанинг y ўқи бўйича ҳаракати тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади [7]:

$$y = \frac{1}{K_n} \ln (e^{2\sqrt{gK_n}t+C} + 1) - t \sqrt{\frac{g}{K_n}} - v_c t \sin \beta - C_1, \quad (19)$$

$$\text{бунда } C_1 = \frac{1}{K_n} \ln \frac{(e^{2\sqrt{gK_n}t_q+C} + 1)(B + 1)}{Be^{2\sqrt{gK_n}t_q} + 1} + v_c t_q \sin \beta.$$

(3,6) ва (15), (16) тенгламаларга махсар уруғи ва унинг таркибидаги бегона қўшилмаларни паруслик K_n коэффицентлари, v_0 , v_c тезликлар ва α , β бурчаклар қийматларини қўйиб аралашманинг сўриш худудига етгунча ва сўриш худудидagi ҳаракат траекториялари қурилди (2-расм). Бунда “●” белги 1-босқичнинг охири ва 2-босқичнинг бошига тўғри келувчи чегаравий нукта.



2-расм. Уруғ ва ундаги аралашмаларнинг таъминлагич жўвадан чиқиб сўриш ҳудудига етгунча ва сўриш ҳудудидаги ҳаракат траекториялари: 1 – уруғ; 2 – поя бўлаги; 3 – уруғ саватчаси; 4 – оқбош уруғи; 5 – енгил аралашмалар

Графиклардан кўриниб турибдики, 1-босқичда, яъни сўриш ҳудудига етгунча аралашма ажралиш жараёни кўзатилмайди, сўриш ҳудудида (2-босқич) аралашмадан махсар уруғи (1-траектория) ва енгил компонентлар (2 – 5 траекториялар) ажрала бошлайди; сўриш қувури учини координаталар бошига нисбатан $X=0.07$ м ва $y=0.06$ м масофаларда ўрнатилса таъминлагич жўвадан чиқаётган аралашма қувурга тўлиқ тушади. Ҳисоб-китоб натижаларидан машинанинг рационал геометрик параметрларини асослашда фойдаланиш мумкин.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Каримов Ё., Каримов М. Махсар уруғининг физик-механик хоссаларини ўрганиш // Республика илмий-техник анжумани тўплами «Инновацион ғоялар, технологиялар ва лойиҳаларни амалиётга татбиқ этиш муаммолари». Жиззах, 2014. Б. 326 – 329.
- [2] Астанакулов К., Каримов М. Кунгабоқар уруғининг физик-механик хоссалари // Республика илмий-амалий анжумани материаллари тўплами. “Амир Темур обод этган юрт”. 2016 йил 20 – 21 май. Қарши, 2016. Б. 29 – 30.
- [3] Астанакулов К. Соя ва унинг донининг физик-механик ҳамда ўримбоқлик хоссаларини аниқлаш // Агро Илм. Тошкент, 2018. Махсус сон. Б. 53 – 54.
- [4] Кожуховский И. Е. Зерноочистительные машины. М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.
- [5] Патент №FAP 01127. Дон тозалаш машинами. Астанакулов К.Д., Каримов М.Р., Очилдиев О.Ш., Каримов Ё.З. Расмий ахборотнома. 2016. № 9.
- [6] Патент №FAP 01209. Уруғ тозалаш машинаси. Астанакулов К.Д., Каримов М.Р., Очилдиев О.Ш., Каримов Ё.З., Курбанов А.Ж. Расмий ахборотнома. 2017. № 7.
- [7] Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. М.: Наука, 1971. – 576 с.
- [8] Ляшко И.И., Боярчук А.К., Гай Я.Г., Головач Г.П. Справочное пособие по математическому анализу. Введение в анализ, производная, интеграл. Киев: Вища школа, 1984. – 456 с.

Қишлоқ хўжалигини механизациялаш
илмий-тадқиқот институти

04.04.2019
қабул қилинган

*М. Тошболтаев, М. Каримов. Исследование движения легких примесей машины для очистки семян
В статье исследовано движение зерновых примесей в технологическом процессе машины для очистки семян.*

*M. Toshboltaev, M. Rarimov. The Study of the moving the light admixtures of the machine for peelings the seeds
In article explored moving the corn admixtures in technological process of the machine for peelings the seeds.*

ХРОНИКА

ТОПГАНЛАРИМ ВА ТОПИНГАНЛАРИМ

(Академик Турсунбой Рашидов билан доцент Муҳаммад Раҳим мулоқоти)

Муҳаммад Раҳим: Домла, Сиз билан таваллудингизнинг муборак 85 ёшини ва илмий фаолиятингизнинг 60 йиллигини нишонлаш арафасида учрашиб турибмиз (Дарвоқе, Турсунбой Рашидов 1934 йил 27 майда Тошкент шаҳрида таваллуд топганлар). Бугун ҳаётда топганларингиз ва топинган гоёларингиз ҳақида суҳбатлашсак, фойдадан ҳоли бўлмас. Аввало, фаннинг жамиятда тутган ўрни ҳақидаги фикрларингизни билмоқчи эдик?

Академик Турсунбой Рашидов: Марҳамат. Мен бир нарсани таъкидлаб ўтишни истардимки, Президент Шавкат Миромонович Мирзиёевнинг шахсан ташаббуси билан кекса авлод вакилларига, айниқса, академик олимларга юксак эътибор бераётганлиги ва улардан юқори натижали тадқиқотларни кутаётганлиги мени қувонтиради. Чунки, ҳеч қачон фансиз, илм-маърифатсиз жамият фаравонликка эришган эмас. Президентнинг Фармони билан Инновацион ривожланиш вазирлигининг ташкил этилиши шу эҳтиёждан келиб чиққан. Жамият учун академик фаннинг роли бекиёсдир.

Фанда интеллектуал кучлар салоҳияти билан муайян ечимлар ишлаб чиқилади, сўнгра у амалиётга татбиқ этилади. Агар олимнинг меҳнати қоғозда қолиб қетса, ишлаб чиқаришга жорий этилмаса, ундан юртга заррача наф йўқ. Фан – кишилар эҳтиёжларини қондирмоқдир. Фан шу талабга жавоб бермаса, у фан эмас. Фан ва ишлаб чиқариш интеграцияси – бугунги эҳтиёж. Аслида фаннинг ўзи шу эҳтиёждан келиб чиққан. Ана шундай ёндашув илм-фан намоёндалари ва ишлаб чиқариш раҳбарлари фаолиятининг доимий мезони бўлиши керак. Меҳнатни илмий асосда ташкил этиш деган тушунча айнан шундай ёндашувдан келиб чиққан.

Мазкур талабларга жавоб бериш учун қўплаб омиллар – самарали тадқиқот юритишга шароит, ижодий муҳит, амалиёт ва назария уйғунлиги, устоз ҳамда шогирдлар ҳамкорлиги рисоладагидек бўлиши керак. Қолаверса, олимларнинг устивор вазифаси ўзининг соҳасида муайян янгилик яратиш ва малакали кадрлар тайёрлашдан иборат. Фан ўзининг янгилиги билан бошқа гоёлардан фарқ қилади. Фанда қонуният асосида илгари сурилган ҳар қандай гоёни қўллаб-қувватлаш керак. Унинг тўғри ёки нотўғрилигини амалиёт исботлайди. Бугун жамиятда ёшларга, уларнинг инновацион гоёларига эътибор берилаётганлигидан хурсандман. Майли, ёшлар ўз гоёсини ҳимоя қилсин – исботласин! Фан ворислик қонунияти асосида ривожланади. Бу қонуният бузилса, жамият ривожига салбий таъсир қилиши шубҳасиз.

М.Р.: Домла, Сиз таниқли механик олимсиз. Мутахассислигингиздан келиб чиқиб механика фанининг ўтмиши, бугунги долзарб муаммолари ва келажакдаги истиқболи ҳақида нима дейишингиз мумкин?

Т.Р.: Механика – қадимий фан. Агар аجدодларимиз механикани ўрганмаганида Миср эҳромларини, асрлар оша ўз кўрки ва салобатини сақлаб келаётган масжиду мадраса, сарой ва минораларни, равоқ ва тимларни кура олармиди?! Ўрта асрларда ал-Хоразмий, ал-Фарғоний, Беруний, Улуғбеклар механиканинг ривожига катта ҳисса қўшдилар. Биласизми, Беруний ва Улуғбек Макка шаҳрининг азимутини аниқлаган. Бу олимлар яшаган давр ўртасида беш юз йил фарқ қилсада, олинган натижа ярим градус фарқ қилади, холос! И.Ньютон коррупцияга қарши курашиб, Англияни ярим йилда инкироздан олиб чиққан. Бундай мисоллар кўп. Механика тарихи – алоҳида бир мавзу.

Мен ишлаётган даргоҳ 1947 йилда академик М.Ўрозбоев ташаббуси билан Ўзбекистон Фанлар академияси Иншоотлар институти сифатида ташкил этилган. Кейинчалик бу ерда механика йўналиши ривожлантирилиб, фан номзодлари ва докторларидан юқори малакали кадрлар тайёрлаш бўйича ишлар кучайтирилди. Тошкент ва Самарқанд олий ўқув юртларида механика ҳамда қурилиш йўналишларида, хусусан, иншоотларнинг зилзилага бардошлилигини кучайтириш бўйича иш олиб боровчи кадрлар тайёрлашга эътибор қаратилди. Ўзбекистон олимлари сейсмик мустаҳкамлик муаммоларини ишлаб чиқишда нафақат юртимизда, балки чет элларда ҳам катта ишларни амалга оширишди. Бу даргоҳда илк бор ер ости иншоотларининг сейсmodинамик назарияси, бино ҳамда иншоотларга сейсмик таъсирнинг физикавий баҳолари яратилди, шунингдек, эластик ва гидроэластик тизимлар, гидротехник иншоотлар назарияси ишлаб чиқилди. Бу каби натижалар жаҳонда антисейсмик фанда илғор тадқиқот сифатида эътироф этилди ва ҳаётга жорий қилинди.

Кейинги йилларда механика фанига, қолаверса механиканинг зилзилабардошлик масалаларига эътибор сусайган эди. Иншоотлар сейсmodинамикаси ва унинг натижаларидан зилзилабардош қурилиш амалиётида фойдаланиш, бинолар ва иншоотлар хавсизлиги, сейсмик йўқотишларни баҳолаш ва камайтириш, аҳолини бўлажак зилзилага тайёрлаш муаммоларини ўрганиш талаб даражасида эмас эди.

Шу маънода, Президент қарори билан илмий-тадқиқот масканимиз жаҳон эътирофини қозонган аввалги номда – Ўзбекистон Фанлар академияси М.Ўрозбоев номидаги Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти деб аталиши барчамизни қувонтирди. Ушбу эътибор соҳа тажриба базаларини дунё андозаларига жавоб берадиган даражага чиқаришда муҳим омил бўлиб хизмат қилади. Юқорида қайд

қилинган, эътибор сусайган йўналишларда кўп ишлашга тўғри келади, олимларимиз жидду жаҳд билан мамлакатимизга хизмат қилиши лозим, бунга ҳозирги кунда етарлича шароит яратилмоқда.

Механиканинг истиқболи ҳақида шуни айтиш мумкинки, олам ҳаракатда экан механика ҳам илгарилама ҳаракатланиб, жамиятнинг эҳтиёжидан келиб чиқиб ривожланаверади. Албатта, ҳар бир давр ўз харақтеридан келиб чиқиб, ўзининг янги йўналишларини ва илмий мактабларини шакллантиради. Келажакда механиканинг янги йўналишларига асос соладиган иқтидорли ёшларнинг етишиб чиқишига чин дилдан ишонаман. Ўз вақтида мен соҳанинг уч мингдан ортиқ етакчи олимларини ва раҳбарларни тўплаб, Истамбулда механикларнинг Халқаро конференциясини ўтказган эдим. Бугун ҳам шундай анжуман ўтказиб, механиканинг долзарб муаммоларини муҳокама қилиш, устивор йўналишларни белгилаб олиш, жаҳон тажрибаси билан танишиш, истиқболли глобал лойиҳаларни ҳамкорликда ўрганиш зарурати пайдо бўлмоқда.

Президент Ш.М.Мирзиёев бошчилигида бугун Ўзбекистон бунёдкорлик ўлкасига айланган. Мамлакатимизнинг қайси бурчагига борманг, замонавий янги уй-жойларга, улуғвор иншоотларга гувоҳ бўласан, бунёдкорлик кўлами кенгайиб бормоқда. Табиийки, бундай улуғвор иншоотларнинг (жумладан, Давлат буюртмасига кўра иншоотларнинг) сейсмик мустаҳкамлигини илмий асослаб бериш институт зиммасига юксак масъулият юклайди. Институтимиз бу вазифани бажариши учун тадқиқотларнинг замонавий моддий-техник лабораторияларни ташкил этиб, бутун илмий салоҳиятини ишга солиб ишлаши лозим. Бир сўз билан айтганда, Ватан менга нима берди деб эмас, мен Ватанга нима бердим, деб ишлайдиган вақт келди!

М.Р.: *Энди, Сизнинг механик олим сифатида шаклланишингизда асосий роль ўйнаган омиллар – яъни, топганларингиз ва топинганларингиз ҳақида қисқача маълумот берсангиз?*

Т.Р.: Мен бахтли инсонман, шу маънодаки, ҳаётимда фақат донишманд инсонлар менга дуч келган. Бу бахтли тасодифми ёки ботинимдаги маънавий-руҳий заруриятми, билмайман. Топганларим шуки, мактабда Нагорничных, талабаликда доцент Шохайдарова, кейинчалик академиклар Аржаных ва Ўрозбоевлардан таълим олдим. Албатта, ҳаётимда нафақат донишманд, балки турли тоифа кишиларга дуч келганман, аммо улар умрим мазмунини белгилай олмаган. Топганларимнинг энг кадрлиси шуки, мен ҳаётим мазмунини белгилаб берган уч буюк алломадан – М.Ўрозбоев, А.Ильюшин ва Ҳ.Раҳматулиндан бир умр миннатдорман. Уларнинг сиймоси олдида ўзимни маънавий қарздордек ҳис этаман. Менинг механик олим сифатида шаклланишимда ва фанда эътироф этилишимда уларнинг ўрни бекиёс.

Ўзбекистонда замонавий механика фанининг ташкил топиши, янги йўналишларнинг вужудга келиши, юздан ортиқ фан номзодлари, докторлари, академикларнинг ижод қилишига ва ишлашига асос бўлиб хизмат қилган омил – «Механиклар учбурчаги»дир. Бу учбурчакнинг бир томони – Алексей Антонович Ильюшин, иккинчи томони – Ҳалил Аҳмедович Раҳматулин (аслида Раҳматуллаев) бўлса, учинчи томони эса – Муҳаммад Тошевич Ўрозбоевдир. Улар бир вақтда МГУ нинг Механика факультетида ўқиганлар ва умрининг сўнги дамларигача дўст бўлиб, ижодий ҳамкорлик қилганлар. Бугунги ўзбек механикасининг ривожига уларнинг ҳар бирининг ўз ўрни бор. Бу буюк «учбурчак»сиз ўзбек механикасини тасаввур қилиш кийин.

Менинг фанда биринчи устозим М.Т.Ўрозбоевдир. У кишининг фанимиз олдидаги хизматларини мухтасар айтганда, қуйидагича ифодалаш мумкин:

- Ўзбекистонда механика фанининг таниқли ташкилотчиси;
- Ўзбекистонда янги замонавий механика йўналишларининг асосчиси;
- сейсмик мустаҳкамликнинг динамик назарияси асосчиси (К.С.Завриев ва А.Г.Назаров билан биргаликда);

- Мамлакатимиз учун илмий-техник кадрлар тайёрлашнинг ҳомийси;
- Ўзбекистонда академик-механиклар сулоласини тарбиялаб етиштирган валиятарош аллома.

Топган устозларимнинг иккинчиси Алексей Антонович Ильюшиндир. Унинг фандаги янгиликларини қисқача қуйидагича ифодалаш мумкин:

- чексиз кичик эластик-пластик деформация назарияси;
- эластиклик назарияси;
- эластик-пластик жараёнлар назарияси;
- ёпишқоқ пластик оқим назарияси;
- иккинчи жаҳон урушида «снаряд етишмовчилиги» («снарядное голодание») муаммосини ҳал қилди (1941 йил ноябрь-декабрь);
- ракета-космик техниканинг (РКТ) мустаҳкамлигини таъминлашда ўз ғоялари билан фаол катнашди (водород бомбаси, ернинг биринчи сунъий йўлдоши).

А.А.Ильюшин яқиндан ҳамкорлик қилиб келган Дзержинский номидаги ҳарбий-инженерлик Академияси 1941-43 йилларда ўз фаолиятини Самарқанд шаҳрида давом қилдирди. Худди шу йилларда у Тошкентга, Самарқандга келиб-келиб «снаряд етишмовчилиги»ни ҳал қилиш учун мутахассислар билан суҳбатлашди, ўз ҳисоб-китобларини амалга оширди. Шу маънода, иккинчи жаҳон урушида «снаряд етишмовчилиги»ни ҳал этишда ўзбек олим ва инженерларининг ҳам ўз ўрни бор деб ўйлайман.

А.А.Ильюшин урушдан кейинги йилларда динамиканинг амалий муаммолари билан фаол шуғилланди. У 1969 йилнинг баҳорида ТошДУ (ҳозирги Ўзбекистон МУ) механика-математика факультети

4-босқич талабаларига «Ёпишқоқ эластиклик назарияси» бўйича маъруза ўқишга келади. Маъруза ўқиш билан бирга, айтилган пайтда Ўзбекистоннинг давлат ва партия раҳбарлари, Фанлар академиясининг масъул ходимлари, Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти, Хисоблаш марказли Кибернетика институти илмий ходимлари билан учрашувлар ўтказиб, фаннинг истиқболли йўналишлари бўйича режалар тузади. Айтилган, 1966 йилги Тошкент зилзиласидан кейин иншоотларнинг сейсмик мустаҳкамлиги муаммоси билан жиддий шуғулланди. ЎЗР ФА Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти олимларига муаммони ҳал қилиш учун семинар ташкил этди.

Мен у пайтда институт директори лавозимида ишлардим. Хизмат сафари охирида қолганида менинг хонамда ўн бир кун мен билан ишлади, маслаҳатлар берди. Тажрибада олган натижаларимни, барча ҳисоб-китобларимни синчиқлаб кўриб чиқди ва охирига етказиш керак бўлган вазифаларни белгилаб берди. Мендан сенга бир хотира бўлсин, деб у мен билан шундай ишладик, ўша ўн бир кунлик сабоқлар бир умр тақдиримни белгилаб берди. Мен А.А.Ильюшиндек даҳони топаганимдан яратганга шукроналар айтаман.

Биз устоз билан шундай назария ишлаб чиқдик-ки, бу сейсמודинамик турғунлик назарияси ҳозирги кунда ерости иншоотлари ва конструкциялари мураккаб тизимининг сейсמודинамик ҳисоб-китобларининг асосини ташкил қилади. Шундан кейин механика фанида «Ерости иншоотларининг сейсמודинамикаси» тушунчаси муомилага киритилди. А.А.Ильюшин билан ҳамкорликда сейсמודинамик ҳисобларни моделлаштириш услубини яратдик.

Топаган устозларимнинг яна бири, юртдошим (у бир умр МГУда ишлади) – Ҳалил Аҳмедович Рахматулин дир. Менинг механик олим сифатида шаклланишимда унинг хизматлари катта. Биз ундан доим маслаҳатлар олиб турар эдик. У киши марказда ишлаб Ўзбекистонга миллий кадрларни етказиб беришда кўп ишлар қилди, айтилган, механика фанига салмоқли ҳисса қўшди, тўлқин назарияси бўйича қилган кашфиёти “Рахматулин тўлқинлари” номи билан жаҳонда эътироф этилди. Унинг механика фанига киритган янгиликлари мухтасар айтганда, қуйидагилар:

- парашют назариясини яратди ва уни синашнинг «Рахматулин пушқаси»ни ихтиро қилди;
- «қўндаланг зарба назарияси»ни ишлаб чиқди ва уни муҳофаа аэростатларида қўллади;
- биринчи бўлиб юксизланиш тўлқинларини – «Рахматулин тўлқинлари»ни кашф этди;
- ўзаро киришувчи кўпфазали муҳитлар ҳаракати назариясига асос солди;
- дунёда энг ноёб адиабатик қисмига асосланган газодинамик труба кашф қилди;

- ракета-космик техникани (РКТ) такомиллаштиришда С.П.Королев ва Кельдиш билан ҳамкорликда фаол қатнашди ва Кремлда дўппи қийган ўзбек ўғлини Марказком қотиби Н.С.Хрущёвни хайратга солди.

Бу устозимиз кўплаб давлат мукофотларидан ташқари, собиқ Иттифокнинг “Меҳнат қаҳрамони” унвонига сазавор бўлган эди. Бугун юқоридаги устоз олимларнинг илмий меросини ўрганиш ва ёш олимларга ибрат мактаби қилиб кўрсатиш хайрли ҳамда савоб ишдир.

Ҳамкор дўстлар ва шогирдлар ҳақида шуни айтиш мумкинки, бу борада ҳам мен омадли инсонман. Ўз соҳасининг етук билимдонлари, фидойи, меҳнатқаш, ҳалол, бегараз, ташкилотчи, ишга масъулият билан ёндашадиган, илмга ва устозга содиқ ёшларни атрофимга тўплай олганим – менинг топаганларимдир. Иш фаолиятида 50 дан ортиқ фан номзоди, фан доктори ва академикларни тайёрлаб етиштирдим. Шулардан баъзилари ҳақида фикр билдириб ўтсам: А.А.Ишонхўжаев, т.ф.д., профессор, фан ва техника соҳасида Беруний номидаги Республика Давлат мукофоти совриндори. Бу олим билан Тошкент метросининг зилзилабардошлик муаммоларини биргаликда ҳал қилганмиз, содиқ дўст; Ғ.Х.Хожметов, т.ф.д., профессор, фан ва техника соҳасида Беруний номидаги Республика Давлат мукофоти совриндори. Москвада ўқиган, тажрибалар ўтказишда ниҳоятда ташкилотчи ва натижа олишда самарадор олим; Ё.Н.Муборақов, т.ф.д., профессор, фан ва техника соҳасида Беруний номидаги Республика Давлат мукофоти совриндори, академик. У деформацияланувчи қаттиқ жисмлар механикаси соҳасида таниқли олим, мен яратган “Мураккаб тармоқли ер ости иншоотларининг сейсמודинамик назарияси”ни ривожлантириб, қобиксимон ер ости иншоотларига тадбиқ қилди ҳамда “фазовий конструкцияли ер ости иншоотлари сейсמודинамик назарияси”га асос солди. 1991-1997 йилларда Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтига раҳбарлик қилди. Афсус, эрта кетди... Аммо, у фан ташкилотчиси, бағри кенг, қалби пок инсон ўз ҳаёти давомида фанда, дўстлари ва шогирдлари орасида унутилмас хотиралар қолдирди; Б.М.Мардонов, ф.-м.ф.д., профессор, фан ва техника соҳасида Беруний номидаги Республика Давлат мукофоти совриндори. Москвада МГУни битирган, Ҳ.А.Рахматулин раҳбарлигида ишини ҳимоя қилган, мени устозим деб билади ва яқиндан ҳамкорлик қиламиз, хушчақчақ ва ўз соҳасининг билимдони; В.А.Омельяненко (Веденеева), т.ф.д., профессор, фан ва техника соҳасида Беруний номидаги Республика Давлат мукофоти совриндори. Янги замонавий ҳисоблаш машиналарини дастурлаштириш бўйича етук мутахассис.

Шогирдларим орасида турли мамлакат ва миллат фуқарolari бор. Улар ўз мамлакатларида ва республикамизда самарали меҳнат қилмоқдалар. Масалан, И.Я.Дорман – т.ф.д., профессор, Россияда; Ш.М.Маматқулов – ф.-м.ф.д., профессор, А. Абдужабборов – т.ф.д., профессор, А.Х.Маткаримов – т.ф.н., доцент, М.Хазратқулов – т.ф.н., доцент, А.К.Қаюмов – т.ф.н., доцент, А.Юсупов – т.ф.н., доцент, В.А.Каримова – т.ф.н., Ўзбекистонда; Н.В.Фьонг Май – т.ф.н., Вьетнамда; Г.А.Харитуди – т.ф.н., Грецияда ишлайдилар.

Охирги бир йил ичида Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида ёш шогирдларимдан – М.К.Усаров, физика-математика фанлари бўйича фан доктори (DSc); Д.А.Бекмирзаев, техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD); Н.А. Нишонов, техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD); Е.В.Ан, физика-математика фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) илмий даражасини олиш учун диссертация химоя қилдилар. Улар мен билан ҳамкорликда самарали тадқиқотлар олиб бормокдалар.

Куш икки қаноти билан парвоз қилганидек, менинг ютуқларим ҳам устозларим ва шогирдларим билан боғлиқдир. Ҳаётда нимадир топган бўлсам улар, қолаверса, ўз меҳнатим туфайлидир. Нафақат топганларим, балки, топинган ҳаётини принципларим – Ватанни севмок, халққа хизмат қилмок, фанда фидоийлик, ҳалоллик, меҳнатсеварлик, оилани муқаддас билмок, шижоат ва камтарлик, маърифатпарварлик, талабчанлик ва меҳрибонлик ҳам устозлар ва шогирдлар туфайлидир.

М.Р.: *Механика – интеграл фан. Тадқиқот объекти – физика, тадқиқот услуби – математика, меҳнат қуроллари – техника, эришилган назарий хулоса – фалсафа. Механика ҳаракат ҳақидаги фан бўлганлиги учун ҳам фалсафа билан боғлиқ. Фалсафада ҳақиқатнинг объективлиги (ҳолислиги) ва конкретлиги (амалийлиги) масаласи мавжуд. Бугун фандаги бу муаммога сиз қандай қарайсиз?*

Т.Р.: Тўғри, механика – ҳаракат ҳақидаги фан. Шунинг учун ҳам у фалсафа билан боғлиқ. Аммо, механикани физик қонуниятларсиз, математик моделларсиз ва мураккаб техник қурилмаларсиз тасаввур қилиш қийин. Механика фанлараро муносабатларда иштирок этади ва унинг назарий хулосалари объектив ҳақиқатларга олиб боради. Механика нуктаи назаридан қараганда, ҳар қандай объектив ҳақиқат конкрет намоён бўлади. Назарий хулосалар, яъни абстракт тафаккуримиз конкрет далилларга асослангандагина муайян аҳамият касб этади. Акс ҳолда, биз қўлга киритган назарий хулосалар қадрият ҳисобланмайди ва ундан кишилар фойдаланмайдилар. Механика кишиларнинг кундалик эҳтиёжларидан келиб чиқувчи амалий масалаларни ўрганади ва шу жиҳати билан у конкретдир. Механиканинг конкретлиги назарий хулосаларнинг объективлигини инкор этмайди. Аксинча, объективлик (ҳолислик) ҳар қандай фаннинг ва ҳар қандай олимнинг тамал тоши – мезони бўлиши лозим.

Мустақиллик йилларида бозор муносабатларига ўтишимиз билан тадбиркорликка, тижоратга кенг йўл берилди. Натижада фанда ҳам “тадбиркорлар”, “тузжорлар” пайдо бўла бошлади. Тижорат фаннинг ривожига таъсир қилиш ўрнига, аксинча фан тижоратга айлана борди ва бу жараён иқтисодийетимизга салбий таъсир этиши шубҳасиз. Механиканинг амалийлигига устиворлик берилди-ю, ҳолислигига майян даражада путур етди.

Ҳозир бу масалаларга жиддий эътибор берилмокда. Фанлар академияси ва Олий таълим тизимидаги ислохотлар шунга қаратилган. Келажакда ҳақиқий иқтидорлар ўз ўрнини топиши шарт. Ҳолислик – олимнинг, нафақат олимнинг, балки ҳар қандай масъул раҳбарнинг виждони бўлиши керак деб ўйлайман. Бусиз на натижа, на тараққиёт бор!

М.Р.: *Домла, келажак ёшларники. Сиз меҳнат қилаётган ЎзР ФА М.Т.Ўрозбоев номидаги Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида ҳам иқтидорли ёшлар талайгина. Устоз сифатида уларга айтадиган истақларингиз?*

Т.Р.: Юқорида қайд қилиб ўтган вазифаларни бажариш учун қилинадиган ишлар қўлами кенг. Аввало ишлаш, муайян натижага эришиш учун замонавий, янги жаҳон андозаларига мос келадиган асбоб-ускуналар зарур. Қолаверса, университетни аъло баҳога битказган, муҳандислик ишини яхши эгаллаган, иқтидорли ёшлар керак. Фанда кўп нарсаси кадрларнинг салоҳиятига боғлиқ. Бугун давлатимиз ёшларга ҳамма шароитларни яратиб бермокда. Ёшларимиз чет эл тажрибаларидан фойдаланиши лозим. Бунинг учун кам деганда она тилини, рус ва инглиз тилларини яхши билиши даркор. Фанда тайёр текис йўллар йўқ. Фан йўли машаққатли, сабрни талаб қилувчи йўлдир. Ёшлар сабр билан бу йўлни босиб ўтиши лозим. Натижа ҳам шунга яраша бўлади. Ёшлар ҳалол меҳнат қилишлари, ўзини ва оиласини ҳалол лўқма билан боқишни ўрганишлари керак. Боқимандалик психологиясидан қутилиши шарт. Албатта, ёшлар ҳаётда қандай инсонлар билан яқинлашиш кераклигини билса марра уларники. Билимдон, тажрибали инсонлар – ютуқлари гарови, нодон, жоҳиллар эса – умр заволи!

Яна ёшларимиз ўзимизнинг ўзбекона миллий қадриятларга риоя қилиши керак. Ота-онани, устозларни, кексаларни ҳурмат қилиши, улардан дуо олиши, маслаҳатлашиб иш қилиши, бирор ишга киришса жидду жаҳд билан киришиши, ўзини халқ ишидан олиб қочмаслиги ва олижаноб инсоний фазилатларга эга бўлиши лозим. Мени отам мактабдан кейин кечқурун масжидга боришга даъват этарди. Борардим. Мақсад: дунёвий билимлар билан чекланиб қолмасин, исломий билимларни ўзлаштириш асосида инсоний фазилатларга эга бўлсин деб ўйлаган. Уломаларнинг дуосини олдим, кам бўлмадим. Бугун ёшларимиз мутахассислигидан катъий назар, бўш вақт топиб бадий адабиёт ўқишлари ва санъат билан ошно бўлишлари лозим. Интернет – ўз йўлига, китобхонлик – бу юксак маънавият! Ёшлар маънавиятидаги муайян бўшлиқни фойдали маълумотлар билан тўлдириши зарур. Хуллас, ёшликда эгалланган илм улар учун келажак омили бўлиб хизмат қилади. Ёшлар бизнинг келажакимиз, улар менинг кўнглимда келажакка умид уйғотади!

М.Р.: *Домла, мазмунли ва самимий суҳбатингиз учун раҳмат. Сизга мустаҳкам соғлиқ, қўнғил хотиржамлиги ва руҳоният парвозини тилайман. Баркамол шогирдлар етиштириб, фанимиз ривожига устоз мақомида қолинг!*

**Суҳбатдош: Муҳаммад Раҳим,
доцент**

ДАВРА СУҲБАТИ

2019 йил 21 апрель куни Ёрмуҳаммад аканинг ўғиллари Алишердан кўнғирок бўлди. Ҳол аҳвол сўрашгандан кейин - “Абдусалом ака дадам ҳаёт бўлганларида эртага 75 ёшга тўлган бўлар эди, шу муносабат билан эртага бизнинг уйда тушлик пайтида дадамнинг касбдошлари билан бирга йиғилайлик” – деди. Телефонни қўйдиму кўз олдимдан ҳамма вақт юзидан нур ёғиб турадиган Ёрмуҳаммад аканинг узокдан қўлини узун чўзиб келиб, “Ҳай, Абдусалом қандайсан?” деб кўришишлари ва 1983 йил янги йил байрами кунидан бошлаб 1999 йил 18 ноябрь кунидек қайғули кунлар ва ундан кейинги Ёрмуҳаммад акаси, лекин у инсоннинг кўрсатмалари билан, Ёрмуҳаммад аканинг домлалари, касбдошлари ва шогирдлари орасида ўтаётган ҳаёт кўз олдимдан, бир ижобий, дилни ёритадиган, узлуксиз ҳужжатли фильм сингари ўта бошлади. Шу тариқа анча ўтириб қолибман, яна кўнғирок бўлди, бу сафар Ёрмуҳаммад аканинг биринчи шогирди, ҳозир бўлса институтимиз директори Хамидулла ака Сағдиев бўлиб, унинг кўрсатмалари билан эртага Алишернинг уйига қандай йиғилиб боришни келишиб олдик.

1983 йили бир учрашувда Ёрмуҳаммад ака мендан ҳол аҳвол сўраб, оилам, уй-жой аҳволларим, мақсадларим ва режаларим билан қизиқди, мен Тошкент Политехника институтини тамомлаганимни ва ҳозир Тошкент трактор заводида смена бошлиғи бўлиб ишлаётганимни, илм фанга, айниқса машина ва механизмлар назарияси фанига қизиқишим борлигини айтдим. Бир оз суҳбатдан кейин Ёрмуҳаммад ака менга ўзи директор муовини лавозимида ишлаётган Ўзбекистон Фанлар академиясидаги Механика ва иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институтида академик Ҳалим Ҳайдарович Усмонхўжаевнинг раҳбарлигида “Машина ва механизмлар назарияси” лабораторияси борлигини, у лабораторияда олиб борилаётган илмий-тадқиқот ишлари тўғрисида маълумотлар берди. Институтга келиб у лаборатория раҳбарига учрашишимни ва лабораторияда бажарилаётган ишлар билан танишиб чиқишимни тавсия қилди ва кечиктирмасдан эртасига эрталаб келишимни айтиб, манзилни тушунтирди. Эртасига эрталаб механика институтига бордим, Ёрмуҳаммад ака бир оз суҳбатдан кейин мени “Машина ва механизмлар назарияси” лабораторияси ва лаборатория қошида янги ташкил бўлган Тилеубай Юлдашевич Оманов раҳбарлигидаги “Кўн ва пойафзал саноати машина ва аппаратлари” лабораторияси билан танишиб чиқишга юборди. Шу куннинг ўзида, эртасидан “Кўн ва пойафзал саноати машина ва аппаратлари” лабораториясига 2 - категория конструктор-муҳандис лавозимига ишга чиқишимни келишиб олдик.

2014 йилдан “Машина ва механизмлар назарияси” лабораторияси мудир лавозимида ишлар эканман машина ва механизмлар назарияси фанига тааллуқли бўлган, умумий валли машиналар ва уларнинг бажарувчи механизмлари назарияси, тишли-ричагли дифференциал узатиш механизмлари назарияси каби бир қатор йўналишларни ўз ичига олувчи, валли машиналар яратишнинг илмий асосларини ишлаб чиқишга қаратилган 190 дан ортиқ илмий ишлар чоп этиш, жумладан: 1 та монография, 50 тага яқин халқаро илмий журнал ва илмий конференция тўпламларида чоп этилган мақолалар, 24 та ихтиро ва патентлар муаллифи бўлишга, ишчи валларининг ўқлараро масофаси ўзгарувчан бўлган ҳар хил типдаги валикли машиналар учун тишли-ричагли дифференциал узатиш механизмлари синфини яратишга ўхшаган илмий ютуқларга эга бўлишимга сабаб, Мубораков Ёрмуҳаммад аканинг 1983 йилдаги тавсиялари сабаб бўлган.

Шу узок 80-чи йилларда механика илми соҳасида иш бошлаган кўпчилик ёш мутахассислар механика институти раҳбарияти ва етук олимлари раҳбарлигида ҳозир мустақил Ўзбекистон Республикасидан ва хорижий мамлакатларда тан олинган олимларга айланган. Бу олимларнинг ҳаммаси ҳам ўз илмий ишларида ва эришган ютуқларида, фаол, изчил, сабоатли ва матонатли бўлиб ҳар қандай шароитларда ақл билан тадбир қўриб иш қиладиган камтарин, бағрикенг, адолатли инсон Ёрмуҳаммад аканинг ҳар томонлама ёрдамига муяссар бўлганлигини кўп марта таъкидлаганлигининг гувоҳи бўлганман, улар Ёрмуҳаммад акани эсласак қалбимизда илиқлик пайдо бўлади дейдилар.

22 апрель куни тушларга яқин Ёрмуҳаммад аканинг илмий раҳбари домламик академик Турсунбой Рашидович Рашидовнинг хоналарига йиғилдик. Тиниб-тинчимайдиган бу инсон ўз лабораторияси ходимларига вазибалар беришлари ва уларни текширишлари жараёнида Алишернинг уйига боришнинг ҳам тайёрлигини кўриб маслаҳатлар берар эди. Шу тариқа Ғоибназар Хожметов, Абдурахмон Эшонхўжаев, Зоҳиджон Тешабоев, Хамидулла Сағдиев, мен ва бошқалар академик Турсунбой Рашидович Рашидов раҳбарлигида Алишернинг уйига йўл олдик.

Етиб борганимизда Алишер ўз оиласи билан бизларни эшик олдида кутиб турган экан. Ёрмуҳаммад аканинг фарзандлари, неваралари, қариндош-уруғлари ва яқин ёру-биродарлари, куда-андалари унинг садоқатли умр йўлдоши Бувайшам келинонимизнинг бошчилигида бизларни узокдан бери кўрмай жуда соғинган дўстларидай кучоқ очиб, кутиб олишди. Хонага кириб ўтирдик, Ёрмуҳаммад ака ҳақларига қуръон тиловат қилдик. Дастурхонда чой устида ўтирар эканмиз, ҳамма Ёрмуҳаммад акамизни эслашиб, у инсоннинг илм фандаги қисқа вақт ичида эришган катта ютуқлари, олижаноб фазилатлари, қариндош-уруғларига ва халқига бўлган меҳр муҳаббатлари, меҳнатсеварлиги, касбдошлари, ишларига бўлган жонқуярликлари тўғрисида эсларига келган воқеаларни гапириб, Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг ҳақиқий аъзоси, фан ва техника соҳасида Абу Райхон Беруний номидаги Давлат мукофоти ва Ўзбекистон Республикаси ёшлар иттифоқи мукофоти совриндори, техника фанлари доктори, профессор,

деформацияланувчи каттик жисмлар механикаси соҳасида етакчи олим, уйғур ва ўзбек халқининг буюк фарзанди Мубораков Ёрмуҳаммад Нуруповични кўзларига ёш олиб эслашди.

Жумладан Ёрмуҳаммад аканинг ҳамфикр дўсти профессор Абдурахмон Эшонхўжаев сўз бошлаб: “Ёрмуҳаммад Мубораков Тошкент Давлат Университети (ҳозирги ЎзМУ) битирувчи талабаси сифатида институтимизга диплом олди амалиётини ўтиш учун келиб, бизнинг метрополитен ва зилзилабардошлик бўйича ўтказиладиган илмий-тадқиқот ишларимизга қўшилиб кетди. Метрополитен ва зилзилабардошлик билан шуғулланувчи гуруҳ фаолияти билан бирга ишлар олиб бориб, кейинчалик шу иш давоми бўйича номзодлик диссертациясини ёқлади. 1975 йилда метрополитен ва зилзилабардошлик лабораторияси ташкил этилиши муносабати билан гуруҳ раҳбари сифатида ўз фаолиятини давом эттирди. Биз Ёрмуҳаммад билан ҳамфикр эдик. Мен унга раҳбарлик лавозимларда ишлаган пайтларда ҳам, кейинчалик у киши институт директори ва академик даражасига эришиб, мен унинг раҳбарлигида ишлаган даврларда ҳам ҳар қандай масалаларни ҳал этишда олдиндан келишиб олишимиз шарт эмас эди, чунки кўп масалаларда бизнинг фикрларимиз бир жойдан чиқиши аниқ эди. Ёрмуҳаммад Нурупович истедодли олим, садоқатли дўст, наъмунали оила бошлиғи, покиза инсон сифатида доим ёдимизда бўлади. Яратган унинг у дунёсини обод қилсин”, деб ўз сўзларини якунлар экан, Ёрмуҳаммад аканинг илмий раҳбари атоқли олим, академик Турсунбой Рашидович Рашидовга сўз берди. У ўз сўзида жумладан шундай деди: “Ёрмуҳаммад йирик мутахассис сифатида бизнинг институтимизда шаклланди ва танилди. Мудофаа соҳасидаги ишлари тегишли ташкилотлар эътиборини қозонди. Унинг кўплаб натижалари шу ерда олинди. У эълон қилинган, ўз йўналишига тўғри келадиган соҳа бўйича ЎзР ФАсининг академиги номзодлигига ҳужжатларини топширди. У оддий меҳнаткаш оиласидан чиққан, Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг йирик институтларидан бирининг директори, фан доктори, профессор академик қилиб сайланди. Унинг янги ҳаёти бошланган эди. Кўплаб инсонлардан ўз ёрдамини аямади. Техника соҳасида уйғурлардан чиққан биринчи академик бўлди. Биз Ёрмуҳаммад билан Урумчида бўлганимизда бу воқеани эшитиб уйғур халқи мамнуният билан мағрурланди. Афсус эрта кетди... Янги-янги муваффақиятларга эришиши, кўп инсонларга ёрдами тегиши мумкин эди”.

Профессор Ғоибназар Хадиевич Хожиметов ўз навбатида “Ёрмуҳаммадни инсонпарварлик режалари жуда кўп бўлган. Шулардан бири у ёшларга нафакат фан соҳасида илмий раҳбар бўлган, балки уларни раҳбарлик ишларига ўргатишда, сўзда ҳам амалда ўрнатқан бўлган. Ҳозирги вақтда давлатимиз миқёсида раҳбар бўлиб ишлаётган институтимиздан чиққан бир неча ходимларни мисол қилиб келтириш мумкин. Шунга асосан Ёрмуҳаммадни уларнинг устози деб ҳисоблайман. Афсуски умри қисқа экан, охираги обод бўлиб, Оллоҳ раҳматига олсин. Омин!”- деди.

Ёрмуҳаммад аканинг шогирдларидан бири, ҳозирги вақтда у киши ишларининг давомчиси, лаборатория мудури Зоҳиджон Тешабоев устозини хотирлаб деди: “Ёрмуҳаммад ака тўғрисида гапирганда уларнинг яна бир ажойиб ҳислатларини айтиб ўтиш лозим, яъни ҳаётда оддийлик. Улар хаттоки катта аллома, академик бўлганларида ҳам ходимлар билан мулоқотни ҳеч ўзгартирмаган эдилар. Ўша оддийлик, ўша соддалик, ўзгалар муоммоларини ҳал этишда шижоат ва тезкорлик, унинг яна бир ҳислатлари нозик ифодаланган фикрларни, айтилган латифаларни, чиройли сўз ўйинларини завқ билан тинглаши, улардан бир олам завқ олиши эди. Кулганларида кўзларидан ёш чиққунча завқланиб кулар, гапирганда барчани жалб эта олар, фикрларини содда ва тушунарли ифодалаш маҳоратлари бор эди”.

Ёрмуҳаммад аканинг шогирдларидан яна бири, ҳозирги вақтда институтимиз директори, Хамидулла Сағдиев у кишининг раҳбарлик қилишдаги жараёнларини эслаб: “Ёрмуҳаммад акани раҳбарлик қилиш усули ҳам жуда содда эди. Ундан жуда кўп нарсаларни ўрганганман. Ходимларнинг имкониятига қараб тўғри баҳолар, илмий ва илмий-ташқилий ишларни ташкил қилишда ҳолисона ёндашар, қоғозбозлик, бюрократияга йўл қўймас, ҳал қилиниши мумкин бўлган ишлар учун бекорга одамларни йиғиб вақтини олмай тезда ҳал қилар, кўпчилик қатнашиши шарт бўлган вазифаларнигина умумий йиғилишларга, махсус кенгашларга, шу масала учун мутасадди бўлган ёки қатнашиши шарт бўлган одамлар доирасига олиб чиқар эди. Ходимлар билан “дистанция” сақламас, ҳамма билан кадрдонлардек муомила қилар эди.”- деди.

Ёрмуҳаммад аканинг ёшлигидан бирга ўсган дўстларидан бири ҳозирда “Гидромехмонтаж” қўшма корхонаси Бош директори Марат Азатов дўстининг олий ҳислатларини эслаб: - “Ёрмуҳаммад дўстларига алоҳида меҳрибон эди. Дўстим ҳар томонлама кўп қиррали инсон бўлиб, илм фанда эришган ютуқлари билан бирга у Ўзбекистон радиосида дикторлик ҳам қиларди, мактаб вақтларидан бошлаб ашула айтар ва шеърлар ёзар эди. Шеърлари кенг тематикада бўлиб, воқеликни изҳор қилишга жуда уста ва топқир эди. Шеърларни ҳар хил тилларда ёзар эди. Дўстимнинг бевақт ўлими бизнинг уйғур миллати учун жуда катта йўқотиш бўлди....”, деди.

Ҳамманинг бу суҳбатни яна давом эттиргиси келиб турган бўлса ҳам, вақт ўз кучини кўрсатди, тушлик вақти тугамоқда эди. Дастурхонга дуо қилинди. Қуёрон ўқиб, Ёрмуҳаммад аканинг ҳақларига дуо қилиб, қолганларнинг омон бўлишини тилаб, мезбонлар билан ҳам, ҳар биримиз билан ҳам айрилгимиз келмасада, хайрлашиб, бир пайтлар улуг домлаимиз академик Ёрмуҳаммад аканинг раҳбарлигида ишлаган институтимизга қайтдик.

Техника фанлар номзоди, катта илмий ходим А. Абдукаримов.

МУНДАРИЖА

Т.Р. Рашидов, Б.М. Мардонов, И.М. Мирзаев. Эластик элементли бириккан чекли узунликдаги қувурга сейсмик тўлқинлар таъсири.....	3
Т.Р. Рашидов, Ш.С. Юлдашев, М.У. Карабаева, М.Б. Бойтемиров. Аҳоли ҳамда ишлаб чиқариш-фукаро биноларини транспорт воситаларидан ҳосил бўладиган вибрациядан ҳимоялаш масаласининг ҳолати.....	8
Р.Р. Рахматов, А.А. Рахманов. Говак муҳитдан нефтни сиқиб чиқариш жараёнини моделлаштириш учун кўп фазаги муҳитлар назариясини қўлланилиши.....	12
Т.К. Алламуратова, М.М. Муқимов, М.А. Мансурова. Икки игнадонли айлана оборотли тўқув машиналарида трикотаж матосини тортишга мулжалланган йўналтирувчи мослама конструкциясини такомиллаштириш ва параметрларини асослаш.....	16
Г.К. Аннакулова, Б.Ж. Астанов, С.А. Саидов, А.З. Юсупов. Юқори клиренсли портал трактори осма тизимини статик ҳисоблаш.....	19
Г.А. Баҳадиров, А.М. Набиев, М.У. Мусиров, З.А. Раҳимова. Исследование влияния вращающего момента валов на их углы захвата.....	23
Б.М. Мардонов, Х.С. Усманов, Ф.Н. Сирожиддинов. Вертикал жойлашган қозикли барабанлар таъсирида пахта хом ашёсини тозалаш жараёнини моделлаштириш.....	27
Д.М. Муҳаммадиев, Т.М. Қулиев, Б.Х. Примов. Тозалаш камерали аррали жин электродвигателини қувват сарфини тажрибавий тадқиқи.....	32
М. Тошболтаев, Б. Холиқов. Трактор поезди енгиб ўтадиган энг катта қиялик бурчагини аниқлаш.....	38
Р.Р. Худайкулиев, Н.Б. Джураева, Б.Ш. Примкулов. Ерга ишлов беришда кенг камровли культиваторнинг «таянч-юмшатувчи лапа» тизимидаги кўндаланг тебранишларни ҳисоблаш усули.....	42
Ш.Р. Хуррамов, Г.А. Баҳадиров, А. Абдукаримов. Юқори вали узатмасиз икки вали модулнинг контакт бурчаклари.....	47
М. Шоумарова, Т. Абдуллаев. Шпиндел ғалтаги юмаланиш радиусининг пахта териш даражасига таъсири.....	50
Х.С. Сағдиев, З.Р. Тешабоев, А.С. Ювмитов, В.А. Галиаскаров, Х.О. Шерниёзов, Б.Н. Мирзакабилов. Мактаб биноларини зизилабардош қурилиш меъёрий талабларига мослигини баҳолаш	53
А.И. Адилходжаев, С.С. Шаумаров, У.З. Шермухамедов. Энергиятежамкор фукаро биноларининг конструкцияларини иссиқлик ҳимоя материалларини мустаҳкамлик хоссалари.....	58
Б.А. Қушимов, К.А. Каримов, А.Х. Аҳмедов. Ташқи физик майдонлар ёрдамида қуришти жараёнини математик моделларини ишлаб чиқиш. 1 қисм.....	61
Р.Д. Матчанов, З.М. Маликов, А.И. Юлдашев. Пуркагичдан чиқаётган қимёвий модда томчиларининг ҳаракатларини математик моделлаштириш.....	65
М.Х. Миралимов, Ф.Ф. Адиллов, Р.А. Абиров. Габионлар билан мустаҳкамланган иншоотларнинг турғунлиги тадқиқоти.....	69

Илмий ахборотлар

Х. Байбулатов, Ж. Гайилов, М. Бердибаев. Фарғона вилояти ҳудудига жойлашган умумий фойдаланишдаги таъмирталаб кўприк иншоотларини кўриқдан ўтказиш натижалари.....	71
Х.Т. Аҳмедходжаев, Х.Исаханов, С. Режаббоев. Янги усулда толаси жинланмаган чигитларни ажратиш	75
О. Маматқулов, Н. Орипов, Р. Мурадов. Янги сепараторни ишлаб чиқариш жараёнига ўрнатиш ва синаш.....	78
У. Раҳманов. Грунт билан катта тезликдаги ўзаротаъсирда бўлган қувур кесими мувозанатининг йўқотилишидаги зўриқишини баҳолаш.....	82
Н. Ражапова, Е. Тадаева, Р. Мурадов. Пахтани тозалаш заводларида тола сифатини яхшилаш йўллари.....	85
Х.С. Сағдиев. Бино ва иншоотларни техник паспортларини ишлаб чиқиш учун услубий тавсиялар.....	90
Т. Рашидов, Ш. Таҳиров, Х. Сағдиев, Н. Нишонов. Иншоотлар зилзилабардошлигини таъминлаш бўйича жаҳон миқёсидаги бўлажак лаборатория ҳақида ва Ўзбекистон Республикасининг ушбу соҳадаги муаммоларни ечишга йўналтирилган тадқиқотларнинг янги имкониятлари.....	95
М. Саломова, Ф. Раҳимов, Х.Қосимов. Пневмотранспорт қурилмаси элементларини такомиллаштириш.....	101
А.С. Тожибоев, А. Парпиев, К.Ф. Чориев, К.Э. Шерназаров. Анализ вопроса сепарации хлопка-сырца.....	104
М. Тошболтаев, М. Каримов. Уруғ тозалаш машинасида енгил аралашмалар ҳаракатини тадқиқ этиш.....	111

Хроника

Топганларим ва топинганларим.....	116
Давра суҳбати.....	120

СОДЕРЖАНИЕ

Т.Р. Рашидов, Б.М. Мардонов, И.М. Мирзаев. Действие сейсмических волн на трубопровод конечной длины, сопряженный с узлами упругими элементами.....	3
Т.Р. Рашидов, Ш.С. Юлдашев, М.У. Карабаева, М.Б. Бойтемиров. Состояние вопроса защиты населения, промышленных и гражданских зданий от транспортных вибраций.....	8
Р.Р. Рахматов, А.А. Рахманов. Применение теории многофазных систем для моделирования процесса вытеснения нефти из пористой среды.....	12
Т.К. Алламуратова, М.М. Мукимов, М.А. Мансурова. Разработка конструкции и обоснование параметров направителя для отяжки полотна на двухфонтурных круглооборотных машинах..	16
Г.К. Аннакулова, Б.Ж. Астанов, С.А. Саидов, А.З. Юсупов. Статический расчет навесного оборудования высококлиренсного порталного трактора.....	19
Г.А. Бахадиров, А.М. Набиев, М.У. Мусиров, З.А. Рахимова. Исследование влияния вращающего момента валов на их углы захвата.....	23
Б.М. Мардонов, Х.С. Усманов, Ф.Н. Сирождидинов. Моделирование процесса очистки хлопка-сырца под действием вертикально расположенных колковых барабанов.....	27
Д.М. Мухаммадиев, Т.М. Кулиев, Б.Х. Примов. Экспериментальное исследование потребляемой мощности электродвигателя пыльного джина с шелушильной камерой.....	32
М. Тошболтаев, Б. Холиков. Определение максимального угла преодолеваемого подъема тракторным поездом.....	38
Р.Р. Худайкулиев, Н.Б. Джураева, Б.Ш. Примкулов. Методика численного решения поперечных колебаний системы «стойка-рыхлительная лапа» при обработке почвы широкозахватным культиватором.....	42
Ш.Р. Хуррамов, Г.А. Бахадиров, А. Абдукаримов. Углы контакта со свободным верхним валком двухвалкового модуля.....	47
М. Шоумарова, Т. Абдиллаев. Влияние радиуса шпиндельного ролика на полноту сбора хлопка-сырца	50
Х.С. Сагдиев, З.Р. Тешабоев, А.С. Ювмитов, В.А. Галиаскаров,	
Х.О. Шерниёзов, Б.Н. Мирзакабилов. Оценка соответствия школьных зданий нормам сейсмостойкого строительства.....	53
А.И. Адилходжаев, С.С. Шаумаров, У.З. Шермухамедов. О прочностных свойствах конструкционно-теплоизоляционных материалов для энергоэффективных гражданских зданий.....	58
Б.А. Кушимов, К.А. Каримов, А.Х. Ахмедов. Разработка математических моделей процесса сушки с помощью внешних физических полей (Часть 1)	61
Р.Д. Матчанов, З.М. Маликов, А.И. Юлдашев. Математическое моделирование кинематики капель химикатов при распылении опрыскивателем.....	65
М.Х. Миралимов, Ф.Ф. Адиллов, Р.А. Абиров. Исследования устойчивости дорог, укрепленных габионными конструкциями.....	69

Научные сообщения

Х. Байбулатов, Ж. Гайбиров, М. Бердибаев. Результаты диагностики мостовых сооружений, подлежащих ремонтно-восстановительным работам, на дорогах общего пользования Ферганской области....	71
Х.Т. Ахмедходжаев, Х. Исаханов, С. Режаббоев. О новом способе отделения недоджинированных семян	75
О. Маматкулов, Н. Орипов, Р. Мурадов. Внедрение нового сепаратора в производственный процесс и его испытание.....	78
У. Рахманов. Оценка усилий потери устойчивости трубопровода при скоростном взаимодействии с грунтом...	82
Н. Ражапова, Е. Тадаева, Р. Мурадов. Пути улучшения качества волокна на хлопкоочистительных заводах.....	85
Х.С. Сагдиев. Методическая рекомендация для разработки технических паспортов зданий и сооружений.....	90
Т. Рашидов, Ш. Тахиров, Х. Сагдиев, Н. Нишонов. Будущая лаборатория мирового уровня по сейсмостойкости сооружений и новые горизонты исследований, направленные на решение нужд Республики Узбекистан в этой области.....	95
М. Саломова, Ф. Рахимов, Х.Қосимов. Усовершенствование элементов устройства пневмотранспорта	101
А.С. Тожибоев, А. Парпиев, К.Ф. Чориев, К.Э. Шерназаров. Анализ вопроса сепарации хлопка-сырца.....	104
М. Тошболтаев, М. Каримов. Исследование движения легких примесей машины для очистки семян....	111

Хроника

Мои сопутствующие афоризмы.....	116
Круглый стол.....	120

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 09.04.2019. Подписано в печать 14.05.2019.
Формат 60×84 ¹/₈. Гарнитура Times New Roman. Ризография.
Усл.-печ. л. 14.41. Уч.-изд. л. 9.68. Тираж 100. Заказ № 609.
Цена договорная.

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