

O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI
АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН

МЕХАНИКА
МУАММОЛАРИ

O‘ZBEKISTON
JURNALI

3-4
2015

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

Члены редколлегии: докт. техн. наук, проф. А. АБДУСАТТАРОВ,
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. КОРПУНОВА,
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, ул. Ф. Ходжаева, 31.
Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

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

УЧЕТ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН В ГРУНТЕ ПРИ ИЗГИБНОМ КОЛЕБАНИИ БАЛКИ С СОСРЕДОТОЧЕННОЙ МАССОЙ НА КОНЦЕ

В настоящее время имеются различные трактовки нормативной методики расчета сооружений на сейсмические воздействия. По мере развития теории сейсмостойкости зданий и сооружений использовались статический, спектральный и динамический методы их расчета. Во всех этих методах расчета задач сейсмостойкости здания одним из актуальных вопросов является учет совместной работы наземной части сооружения с грунтовым основанием.

Статический метод расчета сейсмостойкости сооружений наиболее прост. В соответствии с ним сооружение и его основание рассматриваются как абсолютно жесткое тело. При этом все точки сооружения имеют одинаковые ускорения, равные ускорению основания, а взаимодействие грунта и здания вовсе не учитывается.

Спектральный метод расчета конструкций на сейсмические воздействия в настоящее время основной как в нашей стране, так и за рубежом. Он занимает промежуточное место между статическим и динамическим методами оценки сейсмостойкости сооружений. Согласно ему, учет грунтового основания производится через сейсмичность площадки строительства, которая выражается в баллах землетрясения.

С конца 1970-х годов, благодаря развитию вычислительной техники, в расчетах сейсмостойкости сооружений начали применять динамические методы. При этом воздействие задается акселерограммой землетрясения, а уравнения колебаний многомассовой системы решаются численно. Значения перемещений, скоростей, ускорений и других факторов определяются для каждого момента времени. Во многих случаях при динамическом методе расчета задача сводится к двумерной постановке, или, используя спектральный метод, здание моделируется как одномассовая система и при этом расчетная схема задачи упрощается.

Динамический метод расчета еще предоставляет возможность обеспечить учет совместной работы наземной части сооружения с грунтовым массивом. Такой подход к решению задачи является наиболее общим, а результат – наиболее близким к действительности. Следует учесть и тот факт, чтобы размеры принимаемого в расчет грунтового массива были такими, при которых характер граничных условий по области, ограничивающей этот массив, не оказывал существенного влияния на напряженно-деформированное состояние всей модели. Необходимость учета обозначенных факторов приводит к существенному росту объема вычислений.

Наша цель – оценка влияния распространения волн в грунтовом основании на колебания здания на основе использования метода динамического расчета. Для достижения этой цели, используя общепринятую упрощенную схему для здания, рассматриваемого как балку с сосредоточенной массой на конце, сравниваются решения двух задач динамического расчета здания при действии упругой плоской волны сдвига:

1) здание принимается в виде невесомой балки с массой (грузом), сосредоточенной на уровне верхнего торца, горизонтальные перемещения основания балки равны значению перемещений на свободной поверхности грунта, при этом учитывается распространение волн в грунте (рис. 1, а), т.е. взаимодействие балки с грунтовым основанием;

2) здание принимается в виде невесомой балки с массой, сосредоточенной на уровне верхнего торца, и горизонтальное перемещение основания балки считается известным для каждого момента времени, т.е. распространение волн в грунтовом основании не учитывается (рис. 1, б).

Движение грунта описывается следующим уравнением:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y},$$

$$\rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y}, \quad y < 0, \quad -\infty < x < \infty. \quad (1)$$

Здесь ρ – плотность грунта; u , v – горизонтальное и вертикальное перемещения грунта. Грунт счи-

тается упругим (упрощенная модель [1]) и компоненты напряжения в грунте вычисляются по закону Гука.

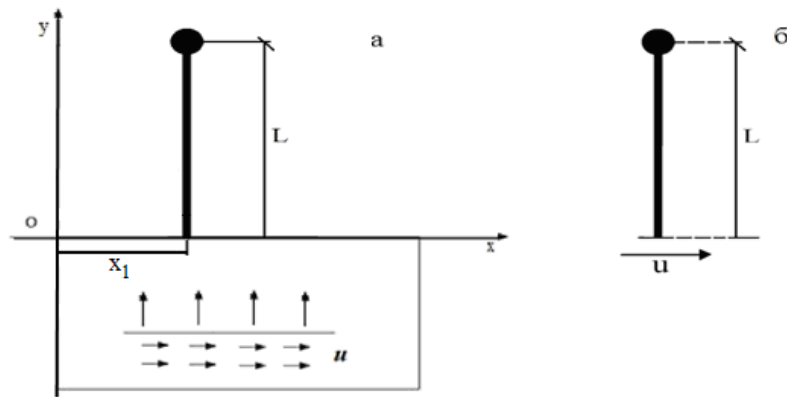


Рис. 1. Расчетные схемы здания при действии плоской волны

В качестве примера рассмотрим колебание балки при действии плоской волны сдвига. Частицы грунта в падающей волне двигаются в горизонтальном направлении, а фронт плоской волны направлен на свободную поверхность грунта (см. рис. 1, а). Напряжения в падающей волне по времени меняются по следующему закону:

$$\tau_{yx}^0 = \begin{cases} \frac{t\tau_0}{t_1} & \text{при } 0 \leq t \leq t_1, \\ \tau_0 & \text{при } t > t_1 \end{cases}, \quad \sigma_{xx}^0 = \sigma_{yy}^0 = 0, \quad (2)$$

где τ_0 – амплитуда касательного напряжения в падающей волне.

Уравнение движения балки определяется дифференциальным уравнением

$$\rho_1 F_1 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{\partial Q}{\partial y}, \quad 0 < y < L, \quad (3)$$

где $Q = \frac{\partial M}{\partial y}$, $M = -E_1 J_1 \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}$,

w – прогиб; $E_1 J_1$ – изгибная жесткость; ρ_1 – плотность; F_1 – поперечное сечение балки; Q – поперечная сила; M – изгибающий момент.

Уравнение (3) можно записать в виде

$$\rho_1 F_1 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -E_1 J_1 \frac{\partial^4 w}{\partial y^4}, \quad 0 < y < L. \quad (4)$$

Уравнения движения груза, сосредоточенного на уровне верхнего торца, запишем, как принято в строительной механике [2], при этом учитываются только горизонтальные перемещения груза, а изгибающие моменты, возникающие при крутильных колебаниях относительно центра масс груза, пренебрегаются. Это уравнение будет граничным условием для верхнего конца балки, оно имеет вид

$$M_0 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = -Q(L, t), \quad M(L, t) = 0, \quad (5)$$

где M_0 – масса груза.

В качестве граничного условия на поверхности контакта нижнего торца балки примем условие полного прилипания.

Для первой задачи, когда учитываются распространения волн в грунте, условия на свободной поверхности имеют вид

$$\sigma_{yy} = 0, \tau_{yx} = 0 \text{ при } y = 0, -\infty < x < H/2 - x_1, x_1 + H/2 < x < \infty, \quad (6)$$

где H – толщина балки; x_1 – расстояние от начала координат до нейтральной оси балки.

Так как при выводе уравнения движения для балки использована теория Кирхгофа и вследствие неучета продольных колебаний балки получим следующие условия на поверхности контакта:

$$v = 0, \sigma_{xx} = 0 \text{ при } y = 0, H/2 - x_1 < x < x_1 + H/2. \quad (7)$$

В теории Кирхгофа в балке $\sigma_{xx}=0$ (гипотеза Кирхгофа) и, так как на поверхности контакта балки и грунта выполняется условие полного прилипания, для грунта также необходимо положить $\sigma_{xx}=0$ на границе контакта балки и грунта, т.е. условие (7).

В точке пересечения поверхности контакта грунта и нейтральной оси балки дополнительно задаются следующие условия:

$$w = u, \frac{\partial w}{\partial y} = 0, \int_F \tau_{xy} dF = -Q(0, t) \text{ при } y=0, x=x_1. \quad (8)$$

Третье условие граничного условия (8) получается из условия равновесия сил, действующих на поверхности контакта балки и грунта.

Для второй задачи, когда не учитывается распространение волн в грунте, граничными условиями будут (6), (7) и

$$w = u, \frac{\partial w}{\partial y} = 0, \text{ при } y=0, x=x_1. \quad (9)$$

В качестве начального условия $t=0$ примем тот момент времени, когда фронт волны подходит к свободной поверхности грунта:

$$u = u^0, \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial u^0}{\partial t}, v = 0, \frac{\partial v}{\partial t} = 0, \text{ при } y < 0, -\infty < x < \infty. \quad (10)$$

Здесь верхний индекс 0 соответствует перемещениям падающей волны.

Начальные условия для балки:

$$w = 0, \frac{\partial w}{\partial t} = 0, 0 \leq y \leq L, x = x_1. \quad (11)$$

Задача решается численным методом на основе использования явной схемы МКР. При численном решении первой задачи для грунта использовалась разностная схема, опубликованная в статье [3], где перемещения вычисляются в узлах целыми индексами, а напряжения в узлах – полусеточными индексами. В данной статье такой подход применен и для численного решения уравнения движения для балки (3), т.е. разностные уравнения для балки имеют вид

$$\rho_1 F_1 \frac{w_i^{k+1} - 2w_i^k + w_i^{k-1}}{\tau^2} = \frac{Q_{i+1/2}^k - Q_{i-1/2}^k}{h_1}, i = \overline{1, N}, k = \overline{1, K1}. \quad (12)$$

Поперечные силы и изгибающие моменты в узлах определяются по формулам

$$Q_{i+1/2}^k = \frac{M_i^k - M_{i-1}^k}{h_1}, M_i^k = -E_1 J_1 \frac{w_{i+1}^k - 2w_i^k + w_{i-1}^k}{h_1^2}. \quad (13)$$

Преимущество разностной схемы (12) в отличие от разностной схемы, полученной после аппроксимации уравнения (4), состоит в том, что в случаях свободных и свободно опертых границ балки нет необходимости определять фиктивные прогибы.

В расчетах приняты для грунта $\rho=1600 \text{ кг/м}^3$, $a=1500 \text{ м/с}$ (a – скорость продольных волн), $\nu=0.35$ (ν – коэффициент Пуассона). Для балки приняты $\rho_1=2080 \text{ кг/м}^3$, $E_1=3.3 \times 10^4 \text{ МПа}$, $\nu=0.2$, $H=0.4 \text{ м}$, $L=4 \text{ м}$ (H, L – толщина и длина), $b_1=0.4 \text{ м}$ (b_1 – поперечная длина). В расчетной схеме приняты значения: $\tau_0=0.1 \text{ МПа}$, $M_0=2 \text{ м}$, $h=0.4 \text{ м}$, $\tau=0.2 \times 10^{-4} \text{ с}$ (h – шаг сетки по пространству грунта,

τ – шаг сетки по времени), $h1=0.2\text{м}$ ($h1$ – шаг сетки по балке), при таком выборе шага обеспечивается устойчивость разностных схем. В расчетах для полупространства грунта по горизонтали по оси x использовали 300 и 400 узлов, по вертикали по оси y – 150 и 200 узлов, по длине балки – 20 узлов сетки.

На рис. 2 – 5 приведены результаты сравнения прогибов, изгибающих моментов, поперечных сил. Сплошные кривые соответствуют результатам с учетом распространения волн в грунте, пунктирные – без учета.

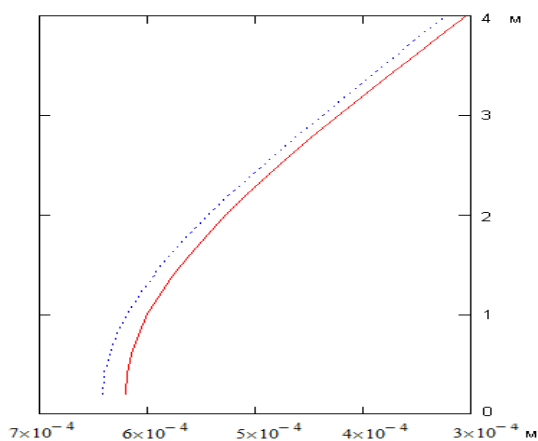


Рис. 2. Изменение прогиба по длине балки

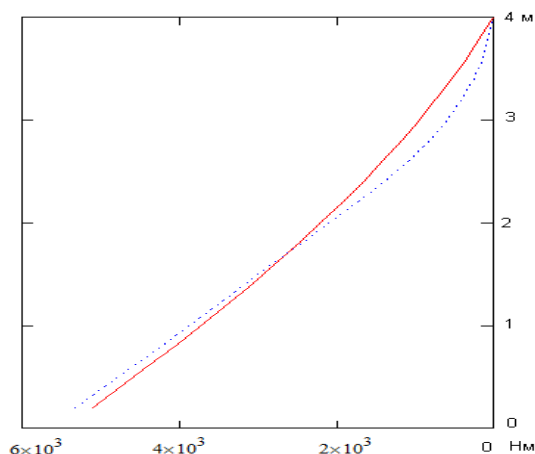


Рис. 3. Изменение изгибающего момента по длине балки

На рис. 2 приведен график изменения прогиба балки по длине. Как видно, результаты для обоих случаев расчета по форме не отличаются друг от друга. Это означает независимо от постановки задачи, что форма колебаний одинаковая, а значения прогибов незначительно отличаются. Следует также отметить, что по спектральной теории получается такая же форма колебаний [4].

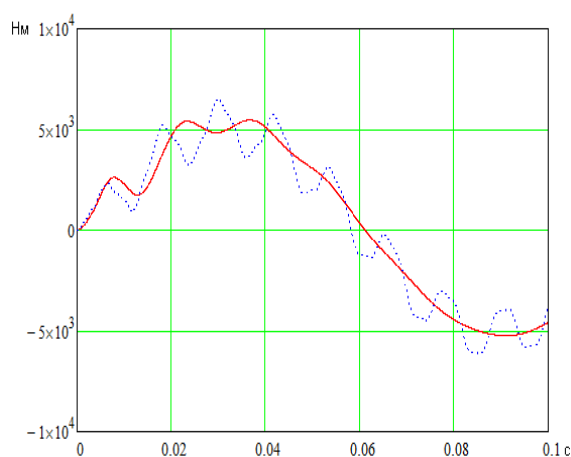


Рис. 4. Изменение по времени изгибающего момента нижнего торца балки

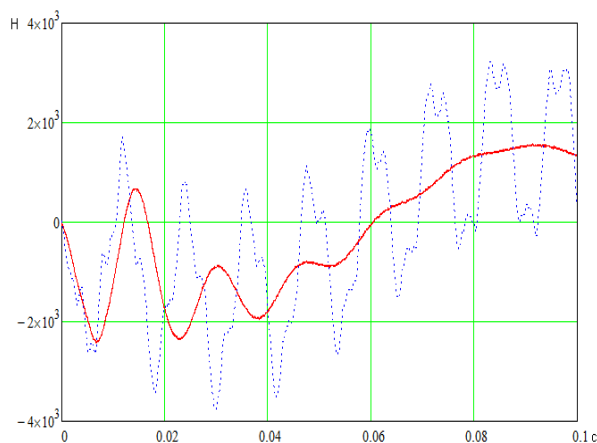


Рис. 5. Изменение по времени поперечной силы нижнего торца балки

На рис. 4 – 5 приведены графики изменения по времени изгибающего момента и поперечной силы нижнего торца балки. Из графиков видно, что результаты двух задач при определении амплитуды и частоты колебаний поперечной силы с учетом и без учета распространения волн в грунте значительно отличаются. Можно предположить, что в первой задаче, когда учитываются распространения волн в грунте, энергия колебаний, связанных со свободными колебаниями балки, со временем излучается в грунтовую среду.

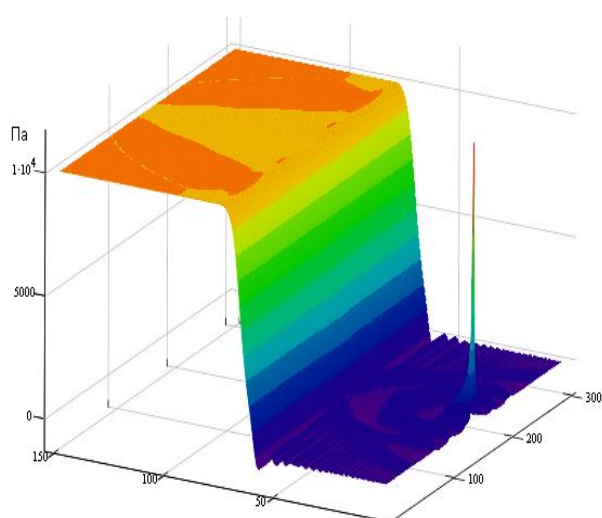


Рис. 6. Распределение по грунту касательного напряжения при $t=0.04$ с

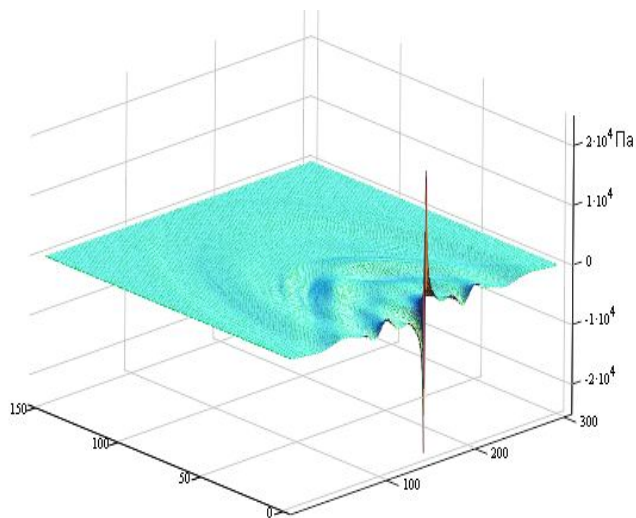


Рис. 7. Распределение по грунту нормального напряжения σ_{xx} при $t=0.04$ с

На рис. 6, 7 представлены трехмерные графики распределения по грунту касательного и нормального напряжения τ_{yx} , σ_{xx} (Па) для первой задачи при $t=0.04$ с. Концентрации напряжений появляются на окрестности контакта балки и грунта, а значения максимальных амплитуд в зависимости от времени имеют колебательный характер и существенно зависят от направления и значения поперечной силы и площади сечения балки. Нормальное напряжение σ_{xx} имеет противоположный знак в противоположных сторонах от нейтральной оси балки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Цытович Н. А. Механика грунтов. М.: Высшая школа, 1973. – 280 с.
- [2] Снитко Н. К. Строительная механика. М.: Высшая школа, 1980. – 431 с.
- [3] Буриев А. Т. Нестационарные колебания системы “здание – фундамент” при действии упругой плоской сдвиговой волны // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент. 2015. № 1. С. 19 – 23.
- [4] КМК 2.01.03-95 Строительство в сейсмических районах, Госкомархитектстрой РУз. Ташкент, 1996.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Дата поступления
21.04.2015

А.Т. Буриев. Бир учига юк ўрнатилган балкани тебранишида ерда тўлқин тарқалишини ҳисобга олиш

Сонли чекли айирмалар усули ёрдамида, ер устида жойлашган балкани текис кўндаланг эластик тўлқин таъсирида тебраниши масаласи, ярим текисликда тўлқин тарқалиш ҳодисаси ҳисобга олинган ва ҳисобга олинмаган ҳолда ечилган. Икки масала натижалари солиштирилиб, динамик ҳисобда ер бўйлаб тўлқин тарқалишини ҳисобга олиш, балканинг эгилишига, эгувчи момент ва кўндаланг кучга қанчалик таъсир қилиши кўрсатилган.

A.T. Buriev. The account of distribution of waves in the ground at cross-section fluctuation of the beam with the concentrated weight on the end

The numerical method of final differences solves a problem of fluctuations of a beam with the concentrated weight on the end, being on a free surface of a ground, at action of an elastic flat wave of shift with the account and without distribution of waves to a ground. Comparing results of both problems at dynamic calculation, influence of the account of distributions of waves in a ground for bending moments, cross-section force and a beam deflection is shown.

СЕЙСМИК КУЧЛАР ТАЪСИРИДА ЕР ОСТИ ҚУВУРИДА ҲОСИЛ БЎЛАДИГАН КУЧЛАНИШЛАРНИНГ ТАҲЛИЛИ

Жаҳонда кузатилаётган кўплаб зилзилалар ва уларнинг оқибатлари шуни кўрсатадики ер ости қувурлари сейсмик кучлар таъсирида грунт билан ўзаро таъсирга киришади ва ер ости қувурида кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини вужудга келтиради [1 – 3]. Зилзилада грунт зарраларининг ҳаракат частоталарининг ўзгариши, ер ости қувурининг тебраниш частоталарини ўзгаришига олиб келади. Грунтдаги тебраниш частоталарининг ортиши ер ости қувурида кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини ортишига олиб келади. Зилзила таъсирида ер ости қувурларининг кўплаб бузилишлари бўш грунтлардаги юқори частотали тебранишларда кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини ортиши орқали рўй беради [4 – 8].

Табиатдан маълумки зилзила мураккаб шароитга эга бўлиб иншоотларга ихтиёрий йўналишда таъсир этади, жумладан ер ости қувурларига ҳам. Бу таъсирлар ўз навбатида ер ости қувурини кучланганлик – деформацияланганлик ҳолатини баҳолашни бирмунча қийинлаштиради. Зилзила таъсирида грунтнинг тебраниши грунт шароитига қараб турлича кўринишда бўлади. Грунтдаги тебраниш ер ости қувурининг тебраниш механизмини юзага келтиради. Грунтдаги тебранишлар ер ости қувурида чўзилиш, қисилиш, эгилиш, момент ва бошқа омилларни ҳосил бўлишига сабаб бўлади.

Зилзила таъсирида грунтнинг ҳаракат қонунларини назарий жиҳатдан аналитик кўринишлари гармоник, импульс, сўнувчи характерда берилади, бундан ташқари сейсмограмма, акселерограмма ёки велесограмма кўринишларида ҳам олинishi мумкин. Грунтнинг ҳаракат қонунларини турли кўринишларда танлаш зилзиланинг физик табиатига яқинлашишга ёрдам беради. Қуйидаги ишда ер ости қувури деворининг турли қатламларида ҳосил бўлувчи кучланишлар ва уларнинг сонли усулларда олинган натижалари кўриб ўтилади. Сейсмик куч таъсирида горизонтал текисликдаги ер ости қувурининг дифференциал тенгламалар системаси, бошланғич ва чегаравий шартлар билан ўлчовсиз вектор кўриниши қуйидагича [9, 10].

$$M \frac{\partial^2 V}{\partial \bar{t}^2} + A \frac{\partial^2 V}{\partial \bar{x}^2} + B \frac{\partial V}{\partial \bar{x}} + CV = V_0, \quad (1)$$

умумий чегаравий шартлар

$$\left[\bar{A} \frac{\partial V}{\partial \bar{x}} + \bar{B} V \right] \delta V \Big|_{\bar{x}} = 0, \quad (2)$$

умумий бошланғич шартлар

$$\frac{\partial V}{\partial \bar{t}} \delta V \Big|_{\bar{t}} = 0, \quad (3)$$

бу ерда V

$$V = (u, \alpha_1, v)^T \quad (4)$$

ўзгарувчиларга боғлиқ, u – бўйлама кўчиш; α_1 – оғиш бурчаги; v – кўндаланг кўчиш. (1) тенгламалар системаси (2) чегаравий ва (3) бошланғич шартларни сонли–такрибий усуллар ичида кенг қўлланилувчи чекли–айирмалар усули ёрдамида ҳисоблаймиз.

Кўрилаётган масалада ер ости қувури ва грунтнинг механик ва геометрик параметрлари қуйидагича танланган: $E=2 \cdot 10^5$ МПа; $\rho=7.8 \cdot 10^3$ кг/м³; $F = \frac{\pi(D_H^2 - D_B^2)}{4}$ м²; $I_z = \frac{\pi(D_H^4 - D_B^4)}{64}$ м⁴;

$$D_H=0.4 \text{ м}; D_B=0.39 \text{ м}; l=100 \text{ м}; u_0(x,t) = A e^{-\varepsilon \left(t - \frac{x}{C_p} \right)} \sin \omega \left(t - \frac{x}{C_p} \right); \mu_{\text{мрyбa}}=0.3; k_x=3 \cdot 10^4 \text{ кН/м}^3;$$

$$\mu_{\text{срунта}}=0.2; \varepsilon=0.3 \text{ с}^{-1}; A=0.002 \text{ м}; \omega = \frac{2\pi}{T}; T = 0,3 \text{ с}; C_p = 2000 \text{ м/с}.$$

Ер ости қувурининг чегаралари эластик маҳкамланган ҳолда танланган. Ер ости қувурига сейсмик кучни $\alpha=45^\circ$ бурчак остида таъсир эттириб нормал ва уринма кучланишларининг натижалари олинган. Ер ости қувури материали Гук қонуни бўйича эластик деформацияланади

$$\sigma_{11} = E\varepsilon_{11} = E\left(\frac{\partial u}{\partial x} - y\frac{\partial \alpha_1}{\partial x}\right), \sigma_{12} = G\varepsilon_{12} = G\left(\frac{\partial v}{\partial x} - \alpha_1\right), \quad (5)$$

σ_{11} ер ости қувурининг нормал, σ_{12} уринма кучланишлари. (5) асосида ер ости қувурининг деворида ҳосил бўлувчи нормал кучланишни турли кесимларда ҳисоблаш мумкин. Ер ости қувуридаги нормал ва уринма интенсив кучланишларни ҳисоблаш қуйидагича [10]:

$$\sigma_u = \frac{1}{\sqrt{2}}\sqrt{2\sigma_{11}^2 + 6\sigma_{12}^2}, \quad (6) \quad \tau_u = \frac{1}{\sqrt{6}}\sqrt{2\sigma_{11}^2 + 6\sigma_{12}^2}, \quad (7)$$

Ер ости қувурининг деворидаги нормал кучланиш $y=\pm r$, $y=\pm r+\delta/2$, $y=\pm R$ кесимларида ҳисобланади ва натижалар жадвал кўринишда берилади. Ер ости қувурининг максимал кучланишлари олинган чегаравий шартга мос ҳолда қувурнинг икки чегарасига тўғри келади, шунга асосан натижалар $x=0$, $x=l$ даги кесимларда келтирилади.

1 - жадвал

Ер ости қувурининг $y=\pm r$ қатламида ҳосил бўлувчи кучланишлар

$t, \text{с}$	$+y(r),$ $\sigma_{11} \text{ МПа}, x=0$	$-y(r),$ $\sigma_{11} \text{ МПа}, x=0$	$t, \text{с}$	$+y(r),$ $\sigma_{11} \text{ МПа}, x=l$	$-y(r),$ $\sigma_{11} \text{ МПа}, x=l$
0.03	8.761197	8.084344	0.03	2.257782	3.003708
0.06	27.797	27.64379	0.06	-11.9484	-11.3921
0.09	23.31564	23.44261	0.09	-21.4504	-20.9295
0.12	13.59734	14.18822	0.12	-30.6423	-30.696
0.15	3.846177	4.377916	0.15	-25.8371	-26.0067
0.18	-4.54314	-4.2259	0.18	-9.09598	-9.53415
0.21	-10.2704	-9.92076	0.21	1.262179	0.482996
0.24	-18.6921	-18.8987	0.24	10.70492	10.37183
0.27	-12.5344	-13.077	0.27	9.849558	9.713359
0.3	-0.19835	-0.94148	0.3	10.44528	10.96776

1 - жадвалда ер ости қувурининг икки чегарасида $y=\pm r$ кесимларидаги нормал кучланишларининг сонли натижалари турли вақтларда келтирилган. Булардан кўринадики ер ости қувури деворида ҳосил бўлувчи нормал кучланишлар $p \pm r$ кесимларда турлича бўлади.

2 - жадвал

Ер ости қувурининг $y=\pm r+\delta/2$ қатламида ҳосил бўлувчи кучланишлар

$t, \text{с}$	$+y(r+\delta/2),$ $\sigma_{11} \text{ МПа}, x=0$	$-y(r+\delta/2),$ $\sigma_{11} \text{ МПа}, x=0$	$t, \text{с}$	$+y(r+\delta/2),$ $\sigma_{11} \text{ МПа}, x=l$	$-y(r+\delta/2),$ $\sigma_{11} \text{ МПа}, x=l$
0.03	8.770103	8.075438	0.03	2.247967	3.013523
0.06	27.79902	27.64178	0.06	-11.9557	-11.3848
0.09	23.31397	23.44428	0.09	-21.4573	-20.9227
0.12	13.58956	14.19599	0.12	-30.6415	-30.6967
0.15	3.839181	4.384912	0.15	-25.8349	-26.0089
0.18	-4.54732	-4.22173	0.18	-9.09022	-9.53992
0.21	-10.275	-9.91616	0.21	1.272431	0.472743
0.24	-18.6894	-18.9014	0.24	10.7093	10.36745
0.27	-12.5273	-13.0841	0.27	9.85135	9.711567
0.3	-0.18857	-0.95125	0.3	10.4384	10.97464

2 - жадвалда ер ости қувурининг икки чегарасида $y=\pm r+\delta/2$ кесимларидаги нормал кучланишларининг сонли натижалари турли вақтларда келтирилган. Бу ерда ҳам ер ости қувури деворида ҳосил бўлувчи кучланишларнинг фарқи кузатишмоқда.

3 - жадвал

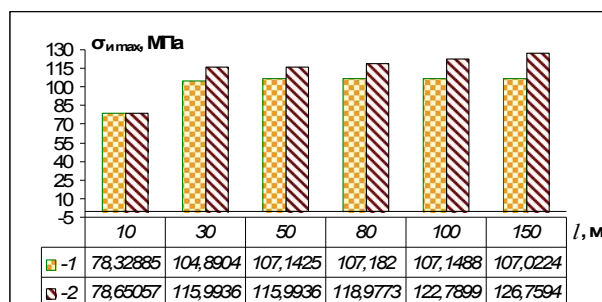
4 - жадвал

Ер ости қувурининг чегараларидаги ўринма кўчланиши

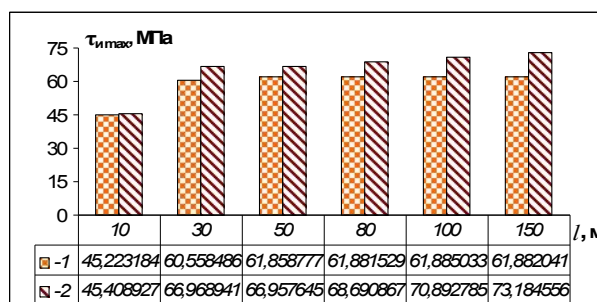
t, c	$\sigma_{12} \text{ MIIa, } x=0$	$\sigma_{12} \text{ MIIa, } x=l$
0.03	12.83031	12.06017
0.06	25.48037	- 5.17207
0.09	21.05371	- 15.74
0.12	17.23165	- 22.9752
0.15	- 3.1058	- 18.2857
0.18	- 14.4884	- 3.41988
0.21	- 18.5072	1.713318
0.24	- 25.4563	15.2637
0.27	- 10.8062	24.73611
0.3	- 8.04202	19.67173

Ер ости қувурида ҳосил бўлаётган нормал ва уринма кучланишлардан кўринадики ер ости қувурининг чегараларидаги кучланишлар симметрик кўринишда эмас. Масалада кўрилаётган сейсмик кучнинг кўриниши ер ости қувурининг узунлиги бўйича ҳам ўзгариб бормоқда. Бу ўз навбатида ер ости қувурининг чегараларидаги симметрикликни бузилишига олиб келади. Кўрилаётган масалада нормал ва уринма интенсив кучланишларни ҳисоблаш ер ости қувуридаги кучланишларини физик табиатига янада яқинлашишига имконият яратади. Ер ости қувурига сейсмик куч бурчак остида таъсир эттирилганда ер ости қувурининг деворидаги ҳолат мураккаб кўринишда бўлиши олинган натижалардан кўринмоқда.

Ер ости қувурининг чап чегараси маҳкам қотирилган, ўнг чегараси эркин танланган ҳолда натижаларни таҳлил этамиз. Сейсмик кучни ер ости қувурига 45^0 бурчак остида таъсир этирилганда, (6) – (7) формулага асосан нормал ва уринма интенсив кучланишларни қувур узунлигига ($l=10; 30; 50; 80; 100; 150$ м) боғлиқ ўзгариши 1-2-расмларда келтирилган.



1-расм. Ер ости қуварининг нормал интенсив
кучланишини ўзунлик ўзгаришига боғлиқлиги

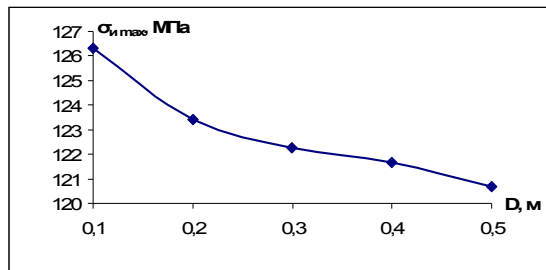


2-расм. Ер ости қувурининг уринма интенсив
кучланишини узунлик ўзгаришига боғлиқлиги

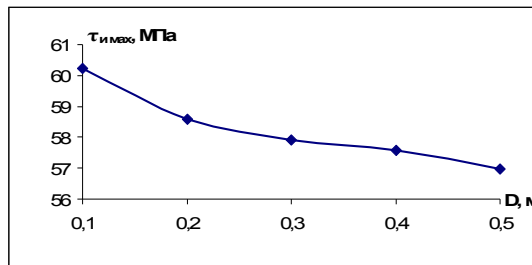
Графикдаги натижаларда сейсмик куч кўриниши иккита ҳолатга мос ҳолда келтирилган, графикдаги 1-ҳолатда сейсмик куч $u_0 = A \sin \omega t$ кўринишида, 2-ҳолатда сейсмик куч

$u_0 = Ae^{-\varepsilon\left(t-\frac{x}{C_p}\right)} \sin \omega\left(t-\frac{x}{C_p}\right)$ кўринишида олинган. Грунтнинг максимал тебраниш амплитудаси

$A=0.005$ м олинган, бу 8 балли zilzila кучини келтириб чиқаради. Натижалардан кўринадики ер ости қувурини zilzilaбардошликка ҳисобланганда қувурнинг узунлиги муҳим аҳамиятга эга.



3-расм. Нормал интенсив кучланишни қувур диаметрига боғлиқ ўзгариши



4-расм. Уринма интенсив кучланишни қувур диаметрига боғлиқ ўзгариши

3-4-расмларда нормал ва уринма интенсив кучланишларни ер ости қувурининг диаметрига боғлиқ ўзгариш қонуниятлари келтирилган. Натижалардан кўринадики ер ости қувурининг диаметрини катталашини ер ости қувурининг сейсмик таъсирга мустаҳкамлигини оширмоқда.

Ер ости қувури диаметрининг катталашини билан қувурни сейсмик таъсирларга қаршилиги ортади, бир сўз билан айтганда ер ости қувурининг диаметрини катталиги кичик ва ўрта шикастланишларни келтириб чиқаради.

Олинган натижалар сейсмик ҳудудларда ер ости қувурларини лойиҳалаш, уларда ҳосил бўладиган нормал интенсив, уринма интенсив ва тўла кучланишларни баҳолаш, қувурдаги руҳсат этилган кучланишларига солиштириш имконини беради.

АДАБИЁТЛАР

- [1] The 14th World Conference on Earthquake Engineering. 2008. Beijing.
- [2] Proceeding of International conference on performance-based design in earthquake geotechnical engineering: Performance-based design in earthquake geotechnical engineering. 2009. Tokyo.
- [3] The 15th World Conference on Earthquake Engineering. 2012. Lisbon.
- [4] Ташкентское землетрясение 26 апреля 1966 года. Ташкент: Фан, 1971. – 672 с.
- [5] Рашидов Т.Р. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений. Ташкент: Фан, 1973. – 180 с.
- [6] Рашидов Т.Р., Хожметов Г.Х. Сейсмостойкость подземных трубопроводов. Ташкент: Фан, 1985.–152с.
- [7] Гехман А.С., Зайнетдинов Х.Х. Расчет, конструирование и эксплуатация трубопроводов в сейсмических районах. М.: Стройиздат, 1988. – 184 с.
- [8] O'Rourke T.D., Jeon S.S. Factors Affecting the Earthquake Damage of Water Distribution Systems // Proceedings of the 5th US Conference on Lifeline Earthquake Engineering, Seattle, WA, ASCE, Reston, VA. August 1999. P. 379 – 388.
- [9] Бекмирзаев Д.А., Рашидов Т.Р. Решение задачи сейсродинамики подземных трубопроводов при нагружениях произвольного направления // Проблемы механики. 2014. № 3-4. С. 8 – 13.
- [10] Bekmirzaev D. Design of Underground Pipelines under Arbitrary Seismic Loading // Open Journal of Applied Sciences. Vol. 5. 2015. P. 226 – 232. USA. Scientific Research Publishing Inc.

ЎзР ФА Иншоотлар сейсмик мустаҳкамлиги институти

07.10.2015
қабул қилинган

Т.Р. Рашидов., Д.А. Бекмирзаев. Анализ напряжений подземных трубопроводов при сейсмических воздействиях

В статье определяются напряжения подземных трубопроводов в разных слоях по их толщине. Проведены вычислительные эксперименты, результаты которых проанализированы в зависимости от геометрических параметров подземных трубопроводов (диаметр, длина).

T.R. Rashidov., D.A. Bekmirzaev. Stress analysis of underground piping under seismic actions

The article defined voltage underground pipelines in different layers through its thickness. Computational experiments whose results are analyzed as a function of the geometric parameters of underground pipelines (diameter, length).

ДИНАМИЧЕСКИЙ ИЗГИБ ШАРНИРНО-ОПЕРТОЙ ПЛАСТИНЫ

Бимоментная теория изгиба и колебаний толстых пластин, методика построения которой в краткой форме приведена в [1], обладает высокой точностью (четвертый порядок). Предлагаемая бимоментная теория пластины описывается двумя несвязанными двумерными системами по девять уравнений в каждой и составляет две независимые задачи. Первая задача – растяжение – сжатие пластины с учетом поперечного обжатия, а вторая – ее поперечно изгибно-сдвиговые колебания. Например, в [2, 3] выполнены расчеты толстых пластин с учетом бимоментов под действием распределенной по синусоидальному закону статической нагрузки, точные решения поставленной задачи изгиба толстых пластин с использованием тригонометрических функций.

В данной статье приведены результаты динамического расчета толстой пластины, находящейся под действием распределенной по синусоидальному закону динамической нагрузки в виде

$$q_1^{(-)} = 0, \quad q_2^{(-)} = 0, \quad q_3^{(-)} = \begin{cases} 0, & \text{при } t \leq 0; \\ -q_0 \sin \frac{\pi x_1}{a} \sin \frac{\pi x_2}{b}, & \text{при } t > 0. \end{cases} \quad (1)$$

$$q_1^{(+)} = 0, \quad q_2^{(+)} = 0, \quad q_3^{(+)} = 0,$$

где q_0 – параметр внешней нагрузки.

Рассмотрим колебания толстых шарнирно опертых пластин. В качестве уравнения движения воспользуемся уравнениями бимоментной теории пластин, приведенными в [1 – 3].

Края пластины $x_1=0$, $x_1=a$ и $x_2=0$, $x_2=b$ оперты и отсутствуют перемещения по направлению к касательному контуру. Граничные условия на крае $x_1 = 0$, $x_1 = a$ имеют вид

$$N_{11} = 0, \quad T_{11} = 0, \quad \bar{\sigma}_{11} = 0; \quad \bar{\psi}_2 = 0, \quad \bar{u}_2 = 0, \quad \bar{\beta}_2 = 0, \quad \bar{r} = 0, \quad \bar{\gamma} = 0, \quad \bar{W} = 0, \quad (2, a)$$

$$M_{11} = 0, \quad P_{11} = 0, \quad \tilde{\sigma}_{11} = 0; \quad \tilde{\psi}_2 = 0, \quad \tilde{u}_2 = 0, \quad \tilde{\beta}_2 = 0, \quad \tilde{r} = 0, \quad \tilde{\gamma} = 0, \quad \tilde{W} = 0. \quad (2, б)$$

Граничные условия на крае $x_2=0$, $x_2=b$ имеют

$$N_{22} = 0, \quad T_{22} = 0, \quad \bar{\sigma}_{22} = 0; \quad \bar{\psi}_1 = 0, \quad \bar{u}_1 = 0, \quad \bar{\beta}_1 = 0, \quad \bar{r} = 0, \quad \bar{\gamma} = 0, \quad \bar{W} = 0. \quad (3, a)$$

$$M_{22} = 0, \quad P_{22} = 0, \quad \tilde{\sigma}_{22} = 0; \quad \tilde{\psi}_1 = 0, \quad \tilde{u}_1 = 0, \quad \tilde{\beta}_1 = 0, \quad \tilde{r} = 0, \quad \tilde{\gamma} = 0, \quad \tilde{W} = 0. \quad (3, б)$$

Обобщенные перемещения пластины первой задачи, удовлетворяющие граничным условиям (2, а) и (3, а), представим в виде

$$\begin{aligned} \bar{\psi}_1 &= f_1(x_1, x_2) \bar{\eta}_1(t), \quad \bar{\psi}_2 = f_2(x_1, x_2) \bar{\eta}_2(t), \quad \bar{r} = f_3(x_1, x_2) \bar{\eta}_3(t), \\ \bar{\beta}_1 &= f_1(x_1, x_2) \bar{\eta}_4(t), \quad \bar{\beta}_2 = f_2(x_1, x_2) \bar{\eta}_5(t), \quad \bar{\gamma} = f_3(x_1, x_2) \bar{\eta}_6(t), \\ \bar{u}_1 &= f_1(x_1, x_2) \bar{\eta}_7(t), \quad \bar{u}_2 = f_2(x_1, x_2) \bar{\eta}_8(t), \quad \bar{W} = f_3(x_1, x_2) \bar{\eta}_9(t). \end{aligned} \quad (4)$$

Координатные функции для шарнирно опертых пластин имеют вид

$$f_1(x_1, x_2) = \cos\left(\frac{\pi x_1}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi x_2}{b}\right), \quad f_2(x_1, x_2) = \sin\left(\frac{\pi x_1}{a}\right) \cos\left(\frac{\pi x_2}{b}\right), \quad f_3(x_1, x_2) = \sin\left(\frac{\pi x_1}{a}\right) \sin\left(\frac{\pi x_2}{b}\right).$$

Обобщенные перемещения пластины второй задачи, удовлетворяющие граничным условиям (2, б) и (3, б), запишутся в виде

$$\tilde{\psi}_1 = f_1(x_1, x_2) \tilde{\eta}_1(t), \quad \tilde{\psi}_2 = f_2(x_1, x_2) \tilde{\eta}_2(t), \quad \tilde{r} = f_3(x_1, x_2) \tilde{\eta}_3(t),$$

$$\tilde{\beta}_1 = f_1(x_1, x_2)\tilde{\eta}_4(t), \quad \tilde{\beta}_2 = f_2(x_1, x_2)\tilde{\eta}_5(t), \quad \tilde{\gamma} = f_3(x_1, x_2)\tilde{\eta}_6(t), \quad (5)$$

$$\tilde{u}_1 = f_1(x_1, x_2)\tilde{\eta}_7(t), \quad \tilde{u}_2 = f_2(x_1, x_2)\tilde{\eta}_8(t), \quad \tilde{W} = f_3(x_1, x_2)\tilde{\eta}_9(t).$$

После разделения переменных получим две системы обыкновенных дифференциальных уравнений движения пластины относительно функции времени $\bar{\eta}_1(t), \bar{\eta}_2(t), \dots, \bar{\eta}_9(t)$ и $\tilde{\eta}_1(t), \tilde{\eta}_2(t), \dots, \tilde{\eta}_9(t)$ для первой и второй задачи соответственно, которые решены по явной схеме метода конечных разностей при нулевых начальных условиях.

Анализ численных результатов. Расчеты выполнены для квадратной ортотропной пластины для трех вариантов его размера в плане. Упругие характеристики материала пластины СВМ 15:1 следующие:

$$\text{модули упругости: } E_1 = 4.6 \cdot E_0, \quad E_2 = 1.6 \cdot E_0, \quad E_3 = 1.12 \cdot E_0,$$

$$\text{модули сдвигов: } G_{12} = 0.56 \cdot E_0, \quad G_{13} = 0.33 \cdot E_0, \quad G_{23} = 0.43 \cdot E_0,$$

$$\text{коэффициенты Пуассона: } \nu_{21} = 0.27, \nu_{31} = 0.3, \nu_{23} = 0.07,$$

где $E_0 = 10^5$ кг/см².

Отметим, что решениями первой и второй задачи определяются значения перемещений и напряжений верхнего и нижнего слоев, определяемых по формулам [1 – 3]:

$$u_i^{(-)} = \bar{u}_i - \tilde{u}_i, \quad u_i^{(+)} = \bar{u}_i + \tilde{u}_i, \quad (i = 1, 2), \quad u_3^{(-)} = \tilde{W} - \bar{W}, \quad u_3^{(+)} = \tilde{W} + \bar{W},$$

$$\sigma_{ij}^{(-)} = \bar{\sigma}_{ij} - \tilde{\sigma}_{ij}, \quad \sigma_{ij}^{(+)} = \bar{\sigma}_{ij} + \tilde{\sigma}_{ij}, \quad (i, j = 1, 2).$$

Введем безразмерное время $\tau = ct/a$, где $c = E_1/\rho$ и безразмерные перемещения верхнего $z = -h$ и нижнего слоев пластины $z = +h$ в точках максимума перемещений по формулам

$$u_1^{(-)} = \frac{E_0 u_1^{(-)}}{H q_0}, \quad u_1^{(+)} = \frac{E_0 u_1^{(+)}}{H q_0}, \quad u_2^{(-)} = \frac{E_0 u_2^{(-)}}{H q_0}, \quad u_2^{(+)} = \frac{E_0 u_2^{(+)}}{H q_0}, \quad u_3^{(-)} = \frac{E_0 u_3^{(-)}}{H q_0}, \quad u_3^{(+)} = \frac{E_0 u_3^{(+)}}{H q_0}.$$

На рис. 1, 2 приведены результаты расчетов для пластин с размерами в плане $a = b = 3H$. На рис. 1 приведены графики изменения безразмерных значений перемещения верхнего и нижнего слоев пластины по безразмерному времени τ .

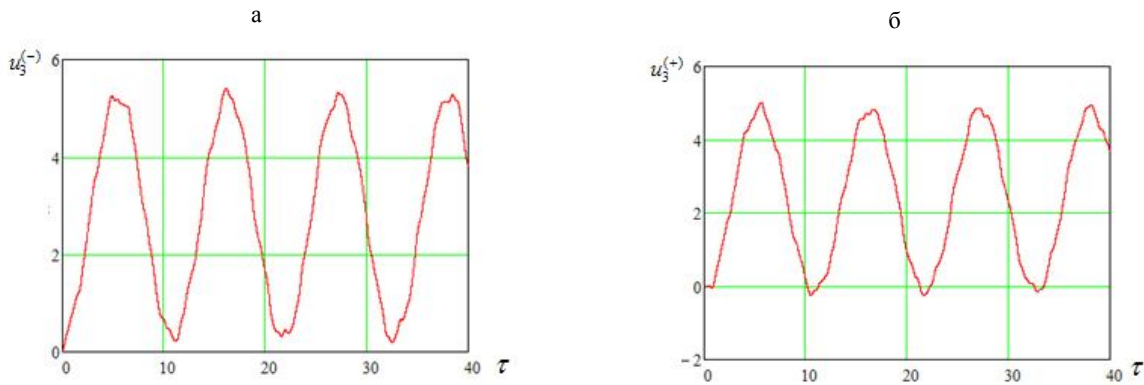


Рис. 1. Графики изменения безразмерных значений перемещений верхнего (а) и нижнего слоев (б) пластины $u_3^{(-)}, u_3^{(+)}$

На рис. 2 приведены графики изменения безразмерных значений усредненного нормально-го перемещения пластины $\tilde{r}$ по безразмерному времени τ .

По графикам рис. 1 и 2 максимальные безразмерные значения нормального перемещения верхнего и нижнего слоев пластины определены в центральной точке пластины и равны

$u_3^{(-)}=5.402$, $u_3^{(+)}=5.022$. Как видим, значения нормальных перемещений лицевых поверхностей пластины значительно отличаются. Максимальное значение обобщенного нормального перемещения получилось равным $\tilde{r}=5.115$. По теории Тимошенко значение обобщенного нормального перемещения получилось равным $\tilde{r}=4.828$.

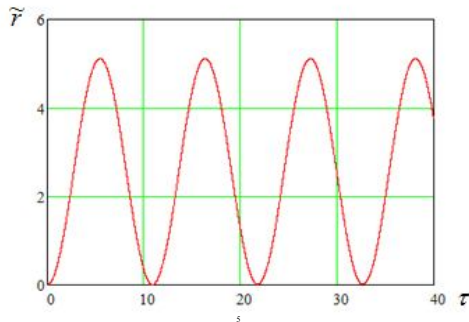


Рис. 2. График изменения безразмерных значений усредненного нормального перемещения пластины $\tilde{r}$ по безразмерному времени τ

На рис. 3 приведены графики изменения безразмерных значений напряжений пластины по безразмерному времени. По графикам рис. 3 и 4 максимальные значения напряжений верхнего и нижнего слоев обнаружены в центральной точке пластины равными $\sigma_{11}^{(-)}=-7.077q_0$, $\sigma_{11}^{(+)}=6.584q_0$.

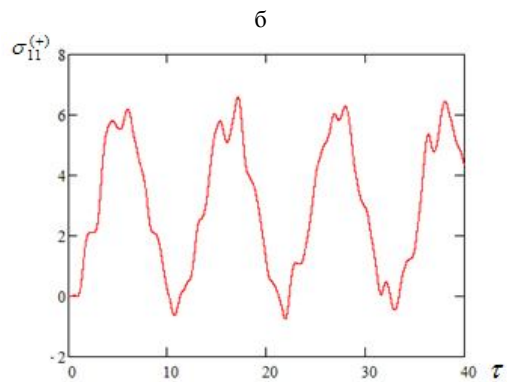
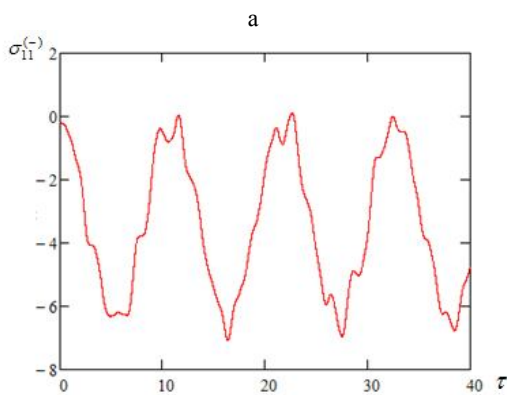


Рис. 3. Графики изменения безразмерных значений напряжений верхнего (а) и нижнего слоев (б) пластины по безразмерному времени τ

На рис. 4 приведены графики изменения безразмерных значений напряжений пластины по безразмерному времени. Максимальные значения напряжения верхнего и нижнего слоев получились в центральной точке пластины равными $\sigma_{22}^{(-)}=-4.185q_0$, $\sigma_{22}^{(+)}=3.822q_0$. Расчеты показывают, что нормальные напряжения лицевых поверхностей пластины также значительно отличаются.

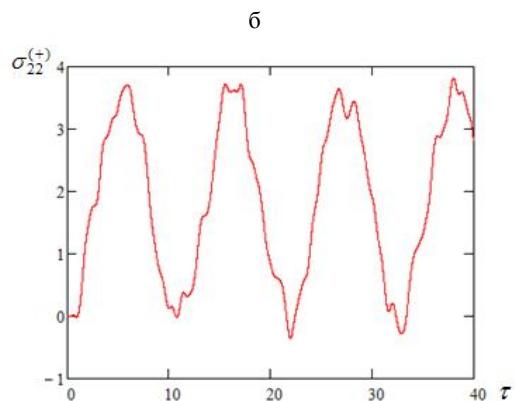
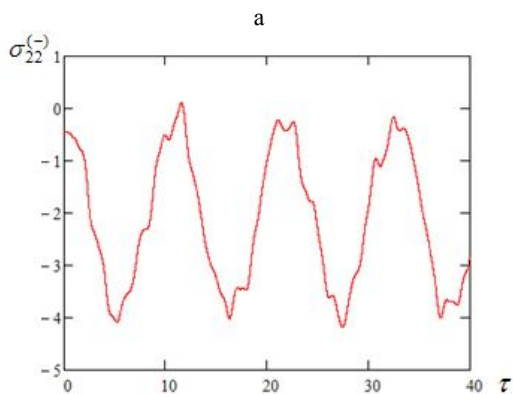


Рис. 4. Графики изменения безразмерных значений напряжений $\sigma_{11}^{(-)}$, $\sigma_{11}^{(+)}$ верхнего (а) и нижнего слоев (б) пластины по безразмерному времени

По теории Тимошенко значения нормальных напряжений получились равными $\sigma_{11}^{(-)}=-\sigma_{11}^{(+)}=-5.134q_0$ и $\sigma_{22}^{(-)}=-\sigma_{22}^{(+)}=-3.291q_0$. Проведенные расчеты показывают, что макси-

мальные значения нормальных напряжений лицевых поверхностей пластины, полученные по бимоментной теории, на 30 – 40 % больше, чем полученные по теории Тимошенко.

На рис. 5 и 6 показаны графики изменения безразмерных значений напряжений верхнего (а) и нижнего слоев (б) $\sigma_{11}^{(-)}, \sigma_{11}^{(+)}$ и $\sigma_{22}^{(-)}, \sigma_{22}^{(+)}$ в центральной точке пластины с размерами в плане $a=b=4H$ по безразмерному времени τ .

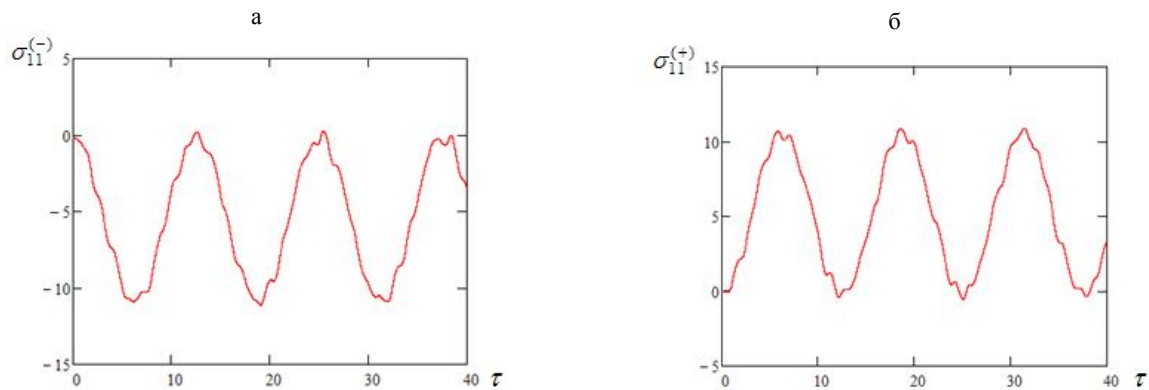


Рис. 5. Графики изменения безразмерных значений напряжений верхнего (а) и нижнего слоев (б) пластины $\sigma_{11}^{(-)}, \sigma_{11}^{(+)}$ по безразмерному времени τ

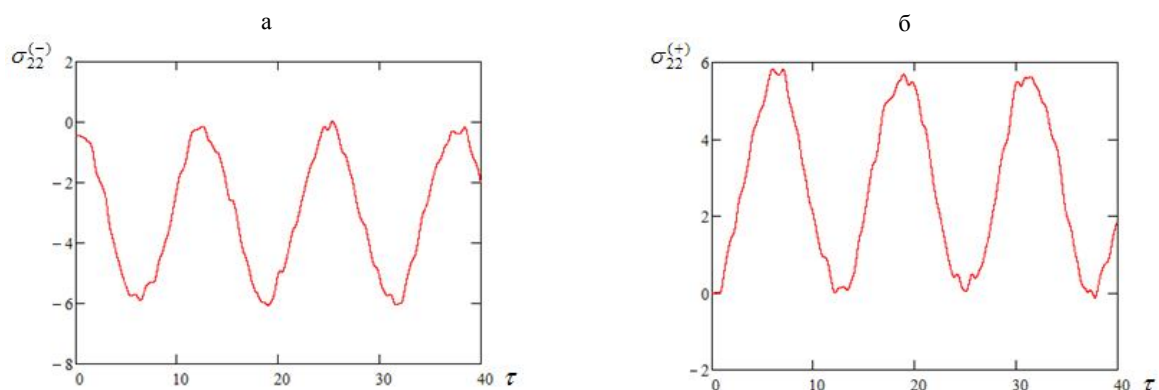


Рис. 6. Графики изменения безразмерных значений напряжений верхнего (а) и нижнего слоев (б) пластины $\sigma_{22}^{(-)}, \sigma_{22}^{(+)}$ по безразмерному времени τ

Максимальные значения напряжения верхнего и нижнего слоев σ_{11} и σ_{22} получились равными $\sigma_{11}^{(-)} = -11.124q_0$, $\sigma_{11}^{(+)} = 10.888q_0$ и $\sigma_{22}^{(-)} = -6.069q_0$, $\sigma_{22}^{(+)} = 5.827q_0$.

По теории Тимошенко значение нормальных напряжений получились равными $\sigma_{11}^{(-)} = -\sigma_{11}^{(+)} = -9.541q_0$ и $\sigma_{22}^{(-)} = -\sigma_{22}^{(+)} = -5.235q_0$. Сопоставление результатов показывает, что максимальные значения нормальных напряжений лицевых поверхностей пластины, полученные по бимоментной теории, на 15 – 20 % больше, чем полученных по теории Тимошенко.

Отметим, что обнаруженные эффекты по полученным расчетам значения напряжений и перемещений являются следствием учета бимоментов, порождаемых за счет нелинейного закона распределения перемещения по толщине пластины.

Расчеты выполнены по явной схеме при шаге безразмерного времени $\Delta\tau=0.002$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] У с а р о в М. К. Бимоментная теория изгиба и колебания толстых ортотропных пластин // Вестник Национального университета Республики Узбекистан. 2014. № 2/1. С. 127 – 132.
- [2] У с а р о в М. К. Расчет толстых ортотропных пластин на основе бимоментной теории // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент, 2014. № 2. С. 41 – 44.

[3] У с а р о в М.К. Расчет ортотропных пластин на основе бимоментной теории // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент. 2014. № 3-4. С. 37 – 41.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Дата поступления
21.10.2015

М.К. Усаров. Шарнирли маҳкамланган пластинанинг динамик эгилиши

Мақола қалин ортотроп пластинкаларнинг ички кучлар, моментлар ва бимоментларни ҳисобга олган ҳолдаги эгилиши динамик масаласининг ечилишига бағишланади. Пластина ҳаракат тенгламалари системасининг аналитик ечими келтирилган. Сонли натижалар олинган ва улар Тимошенко назарияси бўйича олинган сонли натижалар билан солиштирилган.

M.K. Usarov. Dynamic bending of simply supported orthotropic plate

For solution of dynamic problem of buckling of thick orthotropic plates with taking into account of bimoments and internal forces is considered in this article. Analytical solution for plates is provided here. These results compared with results obtained by Timoshenko theory.

УЎК 624.0042

Х.А. АКРАМОВ, Ш.М. ДАВЛЯТОВ

ПАНЕЛЛАР БИЛАН КУЧАЙТИРИЛГАН ЦИЛИНДРИК ПЎЛАТ ҚОБИҚЛАРНИНГ УСТИВОРЛИГИ ВА ЮК КЎТАРИШ ҚОБИЛИЯТИНИ ҲИСОБЛАШ

Ҳозирги вақтда металл конструкцияларни ривожлантириш листли конструкцияларни кенг қўлланилиши, уларнинг шакл ва ўлчамларини оптималлаштириш, мавжуд ҳисоб усулларини такомиллаштириш, тайёрлаш ва монтаж қилишнинг замонавий илғор усулларини ишлаб чиқишни талаб этмоқда.

Листли конструкцияларнинг содда турларидан бири доиравий цилиндрлик қобиклар бўлиб, уларни тайёрлаш оддий, ўзи эса бир вақтнинг ўзида ҳам юк кўтарувчи, ҳам тўсиқ конструкция ҳисобланади. Қобиклар бугунги кунда замонавий қурилиш ва техника соҳасида кенг миқёсда қўлланилиши билан эътироф этилади. Ҳозирги даврда турли вазифаларга мўлжалланган резервуарлар, ўтказгич қувурлар (трубопроводлар), минорасимон конструкциялар, учиш аппаратлари, градирнялар, турли қурилиш иншоотларининг қопламаларини қобикларсиз тасаввур этиб бўлмайди.

Етарлича катта диаметрли юпқа деворли қобикларнинг амалиётда қўлланилиши уларнинг маҳаллий устиворлигини таъминлаш муаммосини келтириб чиқаради. Кўплаб ҳолларда устиворликни йўқотиш қобиксимон конструкцияларнинг юк кўтариш қобилиятини аниқловчи мезон бўлиб ҳисобланади. Тўсиқ конструкция вазифасини бажариши нуқтаи назаридан ва мустаҳкамлик кўрсаткичлари бўйича қобиклар жуда ҳам юпқа бўлиши мумкин, бунда уларнинг қалинлигини ошириш йўли билан устиворлигини таъминлаш элемент массасининг сезиларли даражада ортишига олиб келади.

Юпқа деворли қобикларнинг устиворлигини ошириш учун уларнинг деворларини турли шакллардаги бикрлик қобирғалари ёрдамида кучайтирилади. Ушбу мақолада бўйлама йўналишда цилиндрлик панеллар билан мустаҳкамланган цилиндрлик пўлат қобикларнинг конструктив ортотроп схема бўйича марказий сиқилишдаги ва сиқувчи юклар таъсири остида юпқа деворли ёпиқ контурли элементлар ўртасида кистириб маҳкамланган цилиндрлик панелларнинг умумий устиворлигини ҳисоблаш усули баён этилган.

Тақлиф этилаётган ҳисоб усулини ишлаб чиқишда асосий цилиндрлик пўлат қобикларнинг геометрик шаклини, кучларнинг таъсир этиш характерини, конструкция элементларининг кучланганлик-деформацияланиш ҳолатини эътиборга олувчи, ҳисобларнинг бирмунча соддалашишига ёрдам бурувчи қуйидаги асосий четланишлар қабул қилинган бўлиб, уларнинг киритилиши олинган натижаларнинг ҳақиқий ҳолатдан кескин фарқ қилишига олиб келмайди.

Қабул қилинган қоидаларга асосан, қобикнинг ўқ бўйича сиқилишдаги ёки эгилишдаги юк кўтариш қобилияти унинг маҳаллий устиворлигини йўқотиши билан аниқланади, чунки бунда

вужудга келадиган критик кучланишлар конструкция материалининг ҳисобий қаршилигидан анча кичик бўлади.

Ясовчиси бўйлаб цилиндрик панеллар билан мустаҳкамланган қобикларда марказий ёки номарказий сиқилишда маҳаллий (локал) ёки умумий устиворликни йўқотилиши рўй бериши мумкин. Маҳаллий устиворликни йўқотиш кучайтирувчи панель ёки асосий қобик деворининг қабариши билан характерланади. Умумий устиворликни йўқотишда асосий қобикнинг ва уни кучайтирувчи панеллар деворининг биргаликда бир вақтда қабариши кузатилади ва бунда бутун конструкциянинг бузилиши рўй беради.

Қобикни кучайтирувчи панеллар билан мустаҳкамлаш унинг фазовий бикрлигини оширишга олиб келади, устиворликни йўқотиш ҳолатида қобик деворининг тўлқинсимон қабариш характери ўзгаради, натижада умумий устиворликни йўқотишдаги критик кучланишлар қиймати сезиларли даражада ортади. Бундан ташқари, асосий қобик ва кучайтирувчи панеллар ташкил этувчи ёпиқ контурнинг бурилишга бикрлиги катта бўлгани учун, бир қатор тадқиқотчилар томонидан ўтказилган экспериментларнинг кўрсатишича, асосий қобик алоҳида панелларининг кучайтирувчи панеллар бирикиш чизиклари бўйлаб қистириб маҳкамланиш эффекти кузатилади. Бунинг натижасида, ушбу панелларнинг эни унча катта бўлмаганлиги учун, маҳаллий устиворликни йўқотишдаги критик кучланишлар қиймати анчагина ортади. Ва нихоят, қобикнинг цилиндрик панеллар билан кучайтирилиши унда мавжуд бўлиши мумкин бўлган бошланғич нуқсонларнинг критик кучланишларга таъсирини кескин камайтиради.

Конструктив ортотроп схема бўйича дискрет жойлашувчи цилиндрик панеллар билан кучайтирилган қобикнинг умумий устиворлигини ҳисоблашда кучайтирувчи панелларнинг чўзилишга (сиқилишга) ва эгилишга бикрлиги қобикнинг ушбу панеллар орасидаги участка узунлигида тақсимланиб - “ёйилиб” кетади. Инженерлик ҳисобларида бундай ҳисоб схемаси амалда қўллаш учун жуда қулайдир.

Шунинг билан бир вақтда, кучайтиришнинг дискрет характерини ҳисобга олувчи, сўзсиз назарий аҳамиятга эга бўлган, янада аниқроқ ҳисоб схемаларини танлаш ҳар доим ҳам ўзини оқламайди, чунки бундай идеаллаштирилган схемаларнинг мураккаб ҳисобларидан кейин қобик шаклининг бошланғич нуқсонлари таъсирини эътиборга олувчи мавҳум, бироқ натижага катта таъсир кўрсатувчи тузатишлар киритилади.

Бундай тузатишлар [1], кучайтирилмаган қобиклар учун уларнинг тайёрланиш сифатига боғлиқ бўлиб, катта диапазонни қамраб олади: r/h нинг нисбати 50дан 2500гача бўлганда мос равишда (0.3 – 0.06) оралиғида бўлади. Кучайтирилган қобиклар учун унинг шаклидаги бошланғич нуқсонларнинг таъсири ҳозиргача етарли даражада ўрганилмаган, шу сабабли, меъёрий ҳужжатларда ўз аксини топмаган. Фақатгина қобирғали қобиклар учун [2] бошланғич нуқсонларнинг устиворликка таъсирини статистик баҳоланиши олинган.

Қобикларнинг панелсимон кучайтирилиши ҳоллари учун, қатор тадқиқотчиларнинг экспериментал маълумотлардан ташқари, бошланғич нуқсонларнинг устиворликни йўқотишдаги критик кучланишларга таъсирини ҳисобга олиш бўйича бошқа бирор-бир тавсиялар мавжуд эмас. Шундай қилиб, қабул қилинган конструктив ортотроп схема минораларнинг панеллар билан кучайтирилган қобиклар кўринишида тайёрланган янги конструкцияларининг амалий ҳисоб усуллари яратиш имконини беради [4, 5].

Қабул қилинган ҳисоб схемасидан ташқари, панеллар билан кучайтирилган пўлат қобикларнинг амалий ҳисоб усуллари ишлаб чиқишда қуйидаги четланишлар киритилади:

- Тўғри нормаллар гипотезаси цилиндрик пўлат қобик ва уни кучайтирувчи панелларнинг тўлиқ барча кесимига тааллуқлидир;

- Пўлат қобик ва панелларнинг ўзаро туташтирилиши-пайвандланиши (контакт) чизиклар бўйлаб амалга оширилади, яъни, туташиш соҳасида панель қалинлиги ҳисобга олинмайди;

- Асосий қобикнинг панеллари кучайтирувчи панелларнинг туташиш чизиги бўйлаб қистириб маҳкамланган (бикр бириктирилган) деб ҳисобланади;

- Цилиндрик қобикнинг шакли идеал деб қабул қилинади, турли хил нуқсонларнинг мавжудлиги, ҳисоб амалиётида қабул қилинганидек, кейинчалик тузатиш коэффицентлари киритиш орқали ҳисобга олинади;

- Кучайтирувчи панеллар оғирлик марказининг асосий қобик ўрта текислигига нисбатан силжиши ҳисобга олинмайди.

Панеллар билан кучайтирилган пўлат қобикнинг марказий сиқилишдаги умумий устиворлигини ҳисоблашнинг амалий усули

Конструктив – ортотроп схема бўйича панеллар билан кучайтирилган пўлат қобикларнинг критик кучларишларини аниқлаш учун реал ва эквивалент қобикларнинг элементи деформацияларининг тенглиги шартидан келтирилган бикрлик параметрларининг ифодалари олинган.

Қобик кўндаланг кесимларининг келтирилган бикрлик параметрлари одатдаги усул бўйича аниқланади [3]:

$$B = Eh_1; \quad D_1 = D \left(1 - \frac{S}{a_1} \right) + Ei_1. \quad (1)$$

Бу ерда $h_1 = h \left(1 - \frac{S}{a_1} \right) + \frac{f_1}{a_1}$ – қобик кўндаланг кесимининг келтирилган қалинлиги;

$D = \frac{Eh^3}{12 - (1 - \nu^2)}$ – кучайтирилмаган қобикнинг цилиндрик бикрлиги; h – асосий қобик кесимининг қалинлиги; ν – материал учун Пуассон коэффиценти; a_1 – кучайтирувчи панеллар симметрия ўқлари орасидаги масофа; S – асосий қобикнинг кучайтирувчи панеллар орасида жойлашувчи ёйининг узунлиги; $i_1 = \frac{J_1}{a_1}$ – кучайтирувчи панелнинг қобик ва панеллар умумий

кесимининг оғирлик марказига нисбатан узунлик бирлигига тўғри келувчи (погон) инерция моменти; f_1 – кучайтирувчи панель ва қобикнинг панель қамраб олувчи қисмининг биргаликдаги кўндаланг кесим юзаси.

Бўйлама кесимларнинг келтирилган бикрлик параметрлари қуйидаги формулалар бўйича аниқланади:

$$B_2 = Eh_2; \quad D_2 = D \left[1 + \delta_1 / \delta_2 \left(1 - \frac{S}{a_1} \right) \right]. \quad (2)$$

Бу ерда $h_2 = \frac{h}{1 - \nu^2} \left[1 + \frac{\delta_1}{\delta_2 \left(1 - \frac{S}{a_1} \right)} \right]$ – қобик бўйлама кесимининг келтирилган қалинлиги;

δ_1 ва φ_1 – асосий қобикнинг кучайтирувчи панель қамровчи участкасидаги ўрта текислик контурига уринма йўналишидаги бирлик кучдан ва доиравий йўналишдаги бирлик моментнинг таъсиридан кўчиши ва бурилиш бурчаги; δ_2 ва φ_2 – кучайтирилган асосий қобикнинг (ёпиқ умумий контур кесимининг) худди ўша куч ва момент таъсиридан кўчиши ва бурилиш бурчаги; δ_1, δ_2 ва φ_1, φ_2 ларнинг қийматларини аниқлаш учун асосий қобик ва кучайтирувчи панель ҳосил қилувчи ёпиқ аркасимон раманинг статик ноаниқлиги очилади (1-расм, а). X_1 и X_2 номаълум зўриқишлар (1-расм, б) куч усулининг каноник тенгламаларидан аниқланади. Доиравий панеллар қўлланилган ҳолатда бурилиш бурчаги қуйидаги ифодадан аниқланади (1-расм, в):

$$\varphi_1 = \frac{2r\beta_0 \cdot 1}{D}. \quad (3)$$

Чўзилиш ва сиқилишда тўғри чизикли стерженлар учун δ_1 кўчиш Гук қонунидан келиб чиқадиган қуйидаги ифодадан топилади:

$$\delta_1 = \frac{2r\beta_0 \cdot 1}{(1 - \nu^2)Eh}. \quad (4)$$

Бурилиш бурчаги φ_2 Моор формуласи ёрдамида аниқланади. Бунинг учун асосий системада $M=1, P=0$ деб ҳисоблаймиз ва X_1^*, X_1^* номаълумларни куч методининг каноник тенгла-

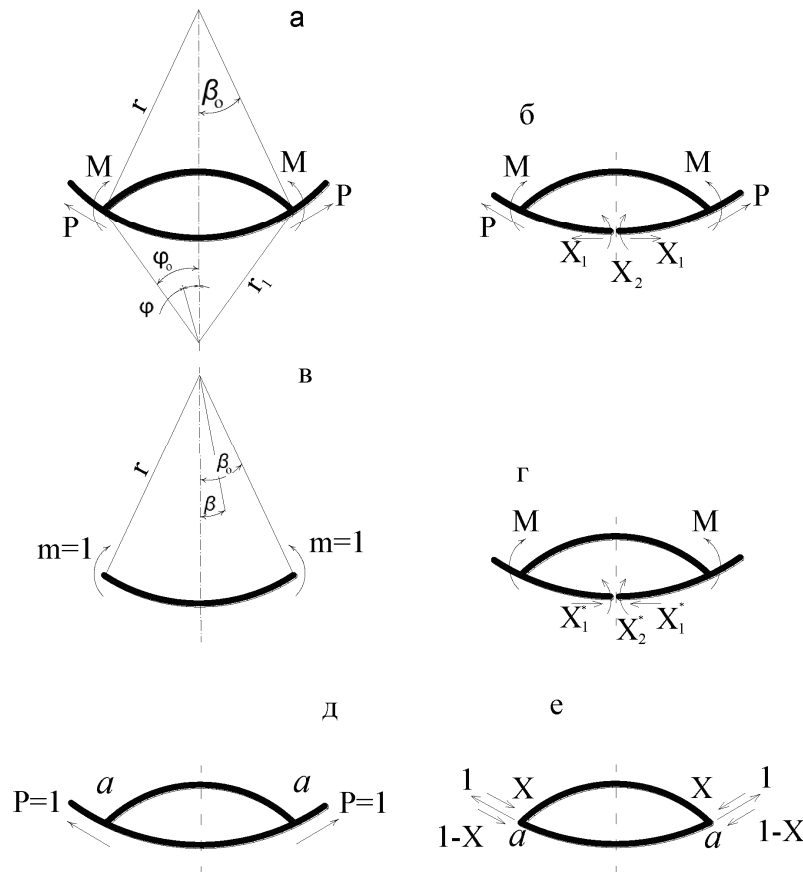
малари системасидан топамиз ва уларни қирким жойига қўямиз (1-расм, г).

$$\varphi_1 = \frac{2r}{D} \int_0^{\beta_0} M_m^2 d\beta + \frac{2r_1}{D} \int_0^{\varphi_0} M_m^1 d\varphi + \frac{2r}{Eh} \int_0^{\beta_0} N_m^2 d\beta + \frac{dr_1}{Eh} \int_0^{\beta_0} N_m^1 d\varphi, \quad (5)$$

бу ерда $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ – кучайтирувчи панелнинг цилиндрик бикрлиги; h^1 – кучайтирувчи панель кесимининг қалинлиги; $M_m = X_2^* + X_2^* r(1 - \cos \beta) - X_1^* + X_2^*$ зўриқишлар таъсиридан асосий қобикда ҳосил бўлувчи момент; $M_m^1 = 1 - X_2^* + X_2^* [r(1 - \cos \beta_0) + r_1(\cos \varphi - \cos \varphi_0)]$ – худди шундай, $X_1^* + X_2^*$ – зўриқишлар таъсиридан кучайтирувчи панелда ҳосил бўлувчи момент; $N_m = X_1^* \cos \beta$ – асосий қобикда ва $N_m^1 = X_1^* \cos \beta$ – кучайтирувчи панелда X_1^* кучдан ҳосил бўлувчи зўриқишлар.

δ_2 кўчиш қуйидаги тарзда аниқланади (1-расм, д).

Фаразда кучайтирувчи панелни асосий қобикдан ажратиб оламиз ва унинг четларига номаълум X зўриқишларни қўямиз (1-расм, е).



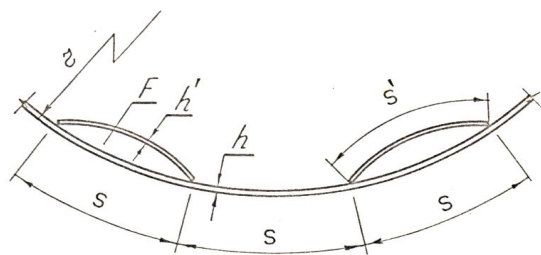
1- расм. Ҳисобий схема, ёпик аркасимон рамани ҳисоблашда цилиндрик панеллар билан кучайтирилган қобикнинг келтирилган бикрлик параметрларини аниқлаш учун асосий система

Қобик ва кучайтирувчи панель четларининг a нуктадаги мос равишдаги кўчишлари δ_a ва δ_a^1 қиймат жиҳатидан бир бирига тенг ва улар δ_2 га тенгдир:

$$\delta_a = \delta_a^1 = \delta_2 = \delta_1 - \delta_{1-x} \quad (5')$$

δ_1 кўчишнинг қиймати (4) ифодадан топилади, X_u ва X_l кучларни δ_a ва δ_a^1 ёки δ_2 ва δ_{1-x} ларнинг қиймати Моор формуласидан топилади. δ_1, δ_a ёки δ_{1-x} ва δ_a^1 лар учун ифодаларни (5') га қўйиб,

номаълум куч X ни топамиз. X кучнинг қиймати аниқлангач, δ_2 кўчишни топиш қийин бўлмайди.



2-расм. Цилиндрик панеллар билан кучайтирилган пўлат қобик кесимининг фрагменти

Кучайтирувчи цилиндрик панеллар асосий қобик билан биргаликда нисбатан катта юзани (F) қамраб олади (2-расм). Бунинг натижасида улар қобикнинг буралишга бўлган бикрлигини сезиларли даражада оширади. Буралишдаги келтирилган бикрлик қуйидаги формулага асосан аниқланади:

$$D_{12} = D(1 - \nu) \left(1 - \frac{S}{a_1} \right) + D_{12}^* . \quad (6)$$

Бу ерда D_{12}^* – ёпиқ контурнинг a_1 узунликка келтирилган бурилишдаги погон бикрлиги.

D_{12}^* нинг қиймати қуйидагича тарзда топилади. Қобирғага $M_{кр}$ буровчи момент таъсир этганда Бредт формуласи бўйича:

$$q_{кр} = \frac{M_{кр}}{2F} .$$

Мос равишда нисбий бурилиш бурчаги $d\theta/dx$ Моор формуласи бўйича:

$$\frac{d\theta}{dx} = \oint \frac{q_{кр} \bar{q}}{Gh_*} ds = \frac{M_{кр} l}{4F^2 Gh_*} .$$

Бу ерда $\bar{q} = \frac{1}{2F}$; $l = S + S'$ – умумий кесим периметри; $h_* = h \frac{S' h'}{2F}$ – қобикнинг ўртача қалинлиги; S' – кучайтирувчи панель ёйининг узунлиги; E, G – қобик материалининг эластиклик модуллари.

Бундан

$$M_{кр} = \frac{4F^2 Gh_*}{l} \cdot \frac{d\theta}{dx} .$$

Бошқа томондан:

$$M_{12} = D_{12}^* \frac{d\theta}{dx} = \frac{M_{кр}}{a_1} .$$

Демак,

$$D_{12}^* = \frac{4F^2 Gh_*}{a_1 l} .$$

Келтирилган ифодадан кўришиб турибдики, кучайтирувчи панель ва асосий қобик қамраб олувчи юзанинг кўпайиши билан қобикнинг буралишга бикрлиги ортади.

Таклиф этилаётган амалий ҳисоб усули бўйлама йўналишда цилиндрик панеллар билан мустаҳкамланган цилиндрик пўлат қобикларнинг конструктив ортотроп схема бўйича марказий сиқилишдаги ва сиқувчи юклар таъсири остида юпқа деворли ёпиқ контурли элементлар ўртасида қистириб маҳкамланган цилиндрик панелларнинг умумий устиворлигини ҳисоблашда қўлланилиши мумкин.

АДАБИЁТЛАР

- [1] КМК 3.03.02-98. Металл конструкциялар ишлаб чиқариш ва ишларни қабул қилиш қоидалари, 1998 й. Б. 31 – 34.
- [2] Липовский Д. Е. и др. Статистическая оценка влияния случайных возмущений на устойчивость ребристых оболочек по данным экспериментальных исследований // Расчет пространств, конструкций. Вып. 17. М.: Стройиздат, 1977. С. 32 – 44.
- [3] Липовский Д. Е. Основы расчета оболочек строительных конструкций по моментной теории. Харьков: ХВВКУ, 1976. – 106 с.

[4] КМК 2.01.07-96. Юклар ва таъсирлар, 1996 й.

[5] Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М. Бўйлама сегментсимон бикрилик қобирғали цилиндрлик қобиқнинг устиворлиги // Фарғона политехника институти илмий – техника журнали. 2015. Т. 19. №1. Б. 44 – 47.

Тошкент архитектура - қурилиш институти

27.10.2015 й.
қабул қилинган

Х.А. Акрамов, Ш.М. Давлятов. Расчет устойчивости и несущей способности цилиндрических стальных оболочек, подкрепленных панелями

В статье изложен предлагаемый практический метод расчета общей устойчивости цилиндрических стальных оболочек, подкрепленных в продольном направлении цилиндрическими панелями, по конструктивной ортотропной схеме при центральном сжатии, и цилиндрической панели, зажатой между тонкостенными контурными элементами, под действием сжимающих нагрузок.

H.A. Akramov, Sh.M. Davlyatov. Calculation of stability and load-carrying capacity of cylindrical steel shells backed panels

This article sets out the proposed practical method for calculating the overall stability of cylindrical steel shells, reinforced by longitudinal cylindrical panels in constructive orthotropic basic scheme under central compression and cylindrical panels, clamped between the thin-walled contour elements under compressive loads.

УДК 533.1:551.215.6:551.439

К. АТАБАЕВ, Т. ДЖАЛИЛОВА, А. Р. ДЖАББАРОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ЧАСТИЦ НА ПАРАМЕТРЫ КРАТЕРООБРАЗОВАНИЯ В ПЛОСКОЙ МИШЕНИ ПРИ ВЫСОКОСКОРОСТНОМ УДАРЕ

Одним из возможных вариантов защиты летательных аппаратов (ЛА) и орбитальных систем от воздействия метеорно-техногенных частиц является создание многослойных защитных экранов. Экспериментальная отработка таких экранов проводится, в основном, на баллистических установках, в частности, на установке МБУ ЦНИИ машиностроения. Однако они обеспечивают максимальную скорость метания частиц, небольшую (7 – 8.5) км/с, что отвечает только нижнему пределу натуральных скоростей соударения.

В связи с этим возникла необходимость разработки методов математического моделирования и численных расчетов параметров процесса кратерообразования в плоской преграде. Для проведения вышеуказанных исследований сначала необходимо определить параметры контактной задачи о соударении двух тел в начальный момент времени $t=0$.

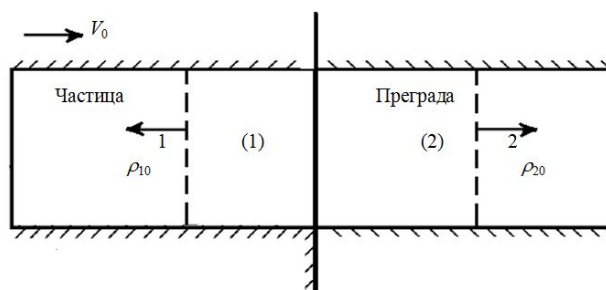


Рис. 1. Схема соударения ударника с плоской мишенью

Приведем схему соударения ударника (сферической частицы диаметром d_{cf}) с плоской мишенью, где индексами (1) и (2) обозначены параметры частицы и мишени. При этом начальные параметры ударных волн в областях 1 и 2 (рис. 1) на первом этапе исследования приближенно оцениваются только на начальном квазиплоском (т.е. точечном) контакте частицы с плоской преградой с начальной скоростью V_0 . В этом случае законы сохранения масс, импульса и энергии на фронте ударной волны, движущейся по материалу сферической частицы ударника в области 1, можно записать в виде [1]

$$\dot{\epsilon}_1 = \epsilon_1 \cdot \dot{R}_1, P_1 - P_{10} = \rho_{10} \cdot \dot{\epsilon}_1 \cdot \dot{R}_1, E_1 - E_{10} = \frac{(P_1 - P_{10})}{2 \cdot \rho_{10}} \left(1 - \frac{\rho_{10}}{\rho_1} \right), \quad (1)$$

где $\epsilon_1 = \left(1 - \frac{\rho_{10}}{\rho_1} \right)$ – объемная деформация материала частицы; $\dot{R}_1$ – скорость ударной волны в материале частицы; P_1, ρ_1 и P_{10}, ρ_{10} – текущие и начальные значения давления и плотности частицы;

E_1, E_{10} — текущее и начальное значения внутренней энергии единицы массы частицы; $\dot{u}_1$ — массовая скорость частицы в системе координат, неподвижной относительно ударника.

Аналогичные соотношения записываются на фронте ударной волны, движущейся по мишени в виде

$$\dot{u}_2 = \varepsilon_2 \cdot \dot{R}_2, \quad P_2 - P_{20} = \rho_{20} \cdot \dot{u}_2 \cdot \dot{R}_2, \quad E_2 - E_{20} = \frac{(P_2 - P_{20})}{2 \cdot \rho_{20}} \left(1 - \frac{\rho_{20}}{\rho_2} \right). \quad (2)$$

Системы уравнений (1) и (2) замыкаются следующими уравнениями состояний сред [2 – 4]:

$$P_1(\varepsilon, T) = P_{1П}(\varepsilon) + P_{1Т}(\varepsilon, T), \quad E_1(r, t) = E_{1П}(\varepsilon) + E_{1Т}(\varepsilon, T), \quad (3)$$

$$P_2(\varepsilon, T) = P_{2П}(\varepsilon) + P_{2Т}(\varepsilon, T), \quad E_2(r, t) = E_{2П}(\varepsilon) + E_{2Т}(\varepsilon, T), \quad (4)$$

где ε и T — объемная деформация и температура сред частицы и преграды.

На контакте двух сред имеем условия

$$P_1(\varepsilon, T) = P_2(\varepsilon, T), \quad \dot{u}_1 + \dot{u}_2 = V_0, \quad (5)$$

где V_0 — начальная скорость удара частицы; $\dot{u}_2$ — массовая скорость в системе координат, неподвижной относительно мишени.

Для проведения численных расчетов необходимо знать материалы частицы и преграды, а также конкретные виды их уравнений состояний типа (3), (4) или других типов представления. Сначала рассмотрим случай, когда частица состоит из полиэтилена низкого давления (ПНД), а материал преграды — из алюминия (АМг-6) либо других видов алюминиевых сплавов. Учитывая, что ударная адиабата полиэтилена не сильно отличается от адиабаты Пуассона, в качестве холодной составляющей давления примем следующее уравнение:

$$P_{1П}(\varepsilon_1) = P_1(\varepsilon_1) = A \left[\left(\frac{1}{1 - \varepsilon_1} \right)^n - 1 \right], \quad (6)$$

где A и n — коэффициенты, связанные соотношением $A \cdot n = \rho_{01} \cdot c_{01}^2$. Здесь скорость звука для полиэтилена имеет значение $c_{01} = 2480$ м/с. Тогда с учетом (6) холодная составляющая внутренней энергии $E_{1П}(E_1)$ частицы из ПНД определится по формуле [1]

$$E_{1П}(\varepsilon_1) = \int_{\rho_0}^{\rho_1} \frac{P_{1П}(\varepsilon_1)}{\rho_1^2} d\rho_1 + E_{10}, \quad (7)$$

где E_{10} — произвольная константа.

Вычисления тепловых составляющих давления $P_{1Т}$ и энергии $E_{1Т}$ полиэтиленовой частицы проводятся по формулам

$$P_{1Т} = \frac{2}{3} c_{1V} T_1, \quad E_{1Т} = c_{1V} T_1. \quad (8)$$

В качестве основных уравнений для определения компонент давления $P_{2П}$, $P_{2Т}$ и внутренней энергии $E_{2П}$, $E_{2Т}$ алюминиевой преграды заданной толщины используются следующие экспериментально полученные нелинейные зависимости [3, 5]:

$$P_{2П}(\varepsilon) = \frac{\alpha_1 \cdot \varepsilon_2^* + \alpha_2 \cdot \varepsilon_2^{*2} + \alpha_3 \cdot \varepsilon_2^{*3} + \alpha_4 \cdot \varepsilon_2^{*4}}{1 + 1.5 \varepsilon_2},$$

$$P_{2Т}(\varepsilon_2, T_2) = \frac{[C_{V0} \cdot \Gamma_p + C_{ВП} \cdot \Gamma_{П} \cdot f(\delta) \cdot T_2] \cdot \rho_2 \cdot T_2}{1 + f(\delta) \cdot T_2}. \quad (9)$$

$$E_{2\Pi}(\varepsilon_2) = \int_{\rho_{20}}^{\rho_2} \frac{P_{2\Pi}(\varepsilon_2)}{\rho_2^2} d\rho_2 + E_{20},$$

$$E_{2T}(\varepsilon_2, T_2) = \frac{[C_{V0} + C_{V\Pi} \cdot f(\delta) \cdot T_2] \cdot T_2}{1 + f(\delta) \cdot T_2}, \quad (10)$$

где $\delta = \rho_2/\rho_{20}$; $\varepsilon_2 = 1 - \rho_{20}/\rho_2$; C_{V0} – теплоемкость вещества при нормальных условиях; $C_{V\Pi}$ – теплоемкость пара при $\rho=0$, $T=0$; Γ_{Π} – коэффициент Грюнайзена пара при $\rho=0$, $T=0$; $\Gamma_p = \Gamma_p(V)$ – переменный коэффициент Грюнайзена вещества, зависящий от его объемного сжатия $V=1/\rho$. Конкретные уравнения для функции Γ_p и $f(\delta)$ применительно к алюминиевой преграде приведены в [2, 3].

Таким образом, рассматриваемая задача определения начальных параметров соударения различных по структуре частиц космического мусора (КМ) с плоской преградой сведена к нахождению решений системы нелинейных уравнений (1) – (10).

Решение вышеуказанной системы уравнений с учетом условия $P_{iT}(\varepsilon, T) \ll P_{i\Pi}(\varepsilon)$ [6] построено методом последовательных приближений. В первом приближении решается сугубо ударно-волновая задача с привлечением первых двух уравнений системы (3), (4) и уравнений (5) без учета тепловой составляющей давления $P_{iT}(\varepsilon, T)$, где $i=1,2$. Во втором приближении на основе известных динамических параметров задачи $P_{i\Pi}$, $\dot{u}_i$, ε_i , $\dot{R}_i$ ($i=1,2$) с привлечением третьих энергетических уравнений систем (1) и (2) и приведенных в (8), (9) и (10) конкретных экспериментально установленных выражений для $P_{iT}(\varepsilon_i, T_i)$ и $E_{iT}(\varepsilon_i, T_i)$ ($i=1,2$) определяются температуры T_i и тепловые составляющие энергии $E_{iT}(\varepsilon_i, T_i)$ и давления $P_{iT}(\varepsilon_i, T_i)$ материалов частицы и плоской мишени.

Для построения решения вышеуказанной ударно-волновой контактной задачи из системы уравнений (1) и (2) с учетом второго условия (5) и выражений для потенциальной энергии $E_{i\Pi} = \dot{u}_i/2$ и $E_i \approx E_{i\Pi}$, где $i=1, 2$, после некоторых преобразований получим

$$\dot{R}_2 = \frac{V_0 - \varepsilon_1 \dot{R}_1}{\varepsilon_2}, \quad \dot{R}_1 = \frac{V_0 (1 \pm \sqrt{\rho_{10} \varepsilon_2 / \rho_{20} \varepsilon_1})}{\varepsilon_1 - \rho_{10} / \rho_{20} \varepsilon_2}. \quad (11)$$

Тогда из вторых уравнений выражений (1), (2) (при $P_{10} = P_{20} = 0$) с учетом (11) получим систему двух уравнений относительно ε_1 и ε_2 в виде

$$P_{\Pi\Pi} = \rho_{10} \varepsilon_1 V_0^2 \frac{(1 \pm \sqrt{\rho_{10} \varepsilon_2 / \rho_{20} \varepsilon_1})^2}{(\varepsilon_1 - \rho_{10} / \rho_{20} \varepsilon_2)^2},$$

$$P_{2\Pi} = \rho_{20} \varepsilon_2 V_0^2 \frac{\left(\frac{\rho_{10}}{\rho_{20}} \pm \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2} \sqrt{\frac{\rho_{10}}{\rho_{20}} \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}} \right)^2}{(\varepsilon_1 - \rho_{10} / \rho_{20} \varepsilon_2)^2}. \quad (12)$$

Так как уравнения адиабаты частицы и преграды $P_{i\Pi}(\varepsilon_i)$ ($i=1,2$) экспериментально известны, то система (12), как система двух нелинейных алгебраических уравнений относительно ε_1 и ε_2 , решается численно на ПЭВМ. В этом случае, зная численные значения величин деформации ε_1 и ε_2 , с учетом формул (12) и (11) в первом приближении определяются величины давления $P_{1\Pi}$, $P_{2\Pi}$ и скорости ударных волн $\dot{R}_1$ и $\dot{R}_2$ в начальный момент соударения частицы с преградой. Далее во втором приближении на основе результатов предыдущих исследований из уравнений энергии, приведенных в (1) и (2), с привлечением уравнений состояний сред (9) и (10) определяются тепловые составляющие энергии $E_{im}(\varepsilon, T)$ и температуры T_i ($i=1,2$) частицы и преграды. В последующем, зная T_1 , T_2 и ε_1 , ε_2 , соответственно находятся величины тепловых составляющих давлений $P_{1T}(\varepsilon_1, T_1)$ и $P_{2T}(\varepsilon_2, T_2)$, а также уточненные значения давлений двух сред $P_1(\varepsilon_1, T_1)$ и $P_2(\varepsilon_2, T_2)$.

Таким образом, в процессе проведения вышеуказанных исследований будут определены все параметры соударения разнородных частиц с плоской преградой в начальный момент времени $t=0$, а найденные при этом параметры плоской преграды за фронтом волны сжатия послужат исходными данными для исследования тепловых и ударно-волновых параметров процесса кратерообразования в элементах конструкции летательных аппаратов, т.е. в плоской полуограниченной мишени, при высокоскоростном соударении частиц космического мусора (КМ) различного происхождения.

В отличие от работ [7 – 12] расчетно-теоретические исследования кратерообразования на поверхности плоской мишени проводятся в рамках модели пластического газа [13] в одномерно-сферическом приближении. Для этого в качестве первого приближения допускается, что вычисленное, согласно (12), значение давления в мишени $P_0=P_{2П}$ равномерно распределено по границе сферического слоя радиуса r_0 и влиянием боковой границы полупространства на волновой процесс пренебрегается. В этом случае задача о кратерообразовании в полуограниченной мишени сводится к исследованию динамического расширения сферической полости в нелинейно-сжимаемой среде под действием интенсивной нагрузки (12), что является аналогом задачи о камуфлетном взрыве в грунтах [13 – 18] и применении закона плоских сечений для исследования процесса соударения цилиндрического стержня с плоской преградой и параметров пограничного слоя при сверхзвуковом обтекании различных осесимметричных тел и крыльев потоком газа в [16, 17].

Далее, учитывая, что при $T < 10^5$ К тепловая составляющая давления немного меньше потенциальной, т.е. $P_T < P_{II}$ [6], рассматриваемая одномерно-сферическая нестационарная задача решается методом последовательных приближений путем исследования одного нелинейного интегродифференциального уравнения относительно скорости фронта ударной волны численно на ПЭВМ. На основе полученных значений скорости ударной волны определяются остальные параметры задачи.

На основе результатов вышеизложенных исследований и полученных в них формул проведены численные расчеты на ПЭВМ с использованием следующих численных значений коэффициентов α_i ($i=1...4$) – ударной адиабаты жидкого алюминия (9), коэффициента политропы K пластического газа и начальной плотности ρ_{20} материала преграды из АМг-6 [4, 5]:

$$\alpha_1=7.33 \cdot 10^5, \alpha_2=1.19 \cdot 10^6, \alpha_3=0, \alpha_4=2.38 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2, \rho_0=264 \text{ кг}\cdot\text{с}^2/\text{м}^4, K=1.4. \quad (13)$$

Основные результаты расчетов представлены на рис. 2 – 4.

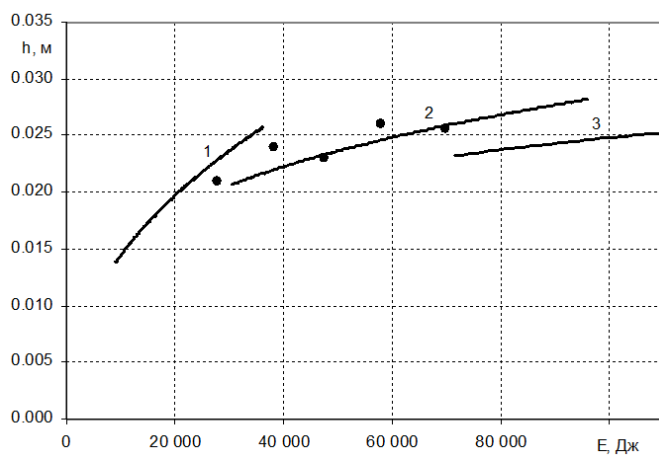


Рис. 2. Зависимость глубины h кратера от энергии соударения $mV_0^2/2$ (точками обозначены экспериментальные данные для частицы из АМг-6)

Из представленных на рис. 2 результатов расчета для частицы с диаметром $d_{сф}=12.7$ мм из ПНД (линия 1), из АМг-6 (линия 2) и из Fe (линия 3) видно, что изменение глубины кратера в зависимости от энергии соударения E происходит по нелинейному закону для момента времени, когда величина давления (напряжения) во фронте сферической в мишени из АМг-6 достигает предела упругости 1700 кг/см^2 . Анализ результатов расчета показывает, что глубина h кратера в мишени при $V_0=4000 - 8000$ м/с изменяется в интервале от 20 до 28 мм для частицы из АМг-6, и эти расчетные данные находятся в удовлетворительном соответствии с экспериментальными результатами работы [15], полученными на установке МБУ ЦНИИ машиностроения. Разница между результатами расчета и экспериментов составляет 10 – 15 %.

Далее, сравнивая результаты расчетов для частиц из разных материалов, видно, что кривые для глубины кратера h в зависимости от энергии удара $E=mV_0^2/2$, полученные для частицы соответственно из стали (ПНД), расположены выше (ниже) кривой, построенной для частицы из

АМг-6, при одинаковых скоростях удара V_0 (в диапазоне 4 – 8 км/с). Это обстоятельство обусловлено тем, что при одинаковых диаметрах частиц стальная частица при ударе о мишень вызывает в ее материале импульс сил высокой интенсивности, а частица из ПНД – меньшей интенсивности, так как $\rho_0^{\text{ст}} \gg \rho_0^{\text{ПНД}}$.

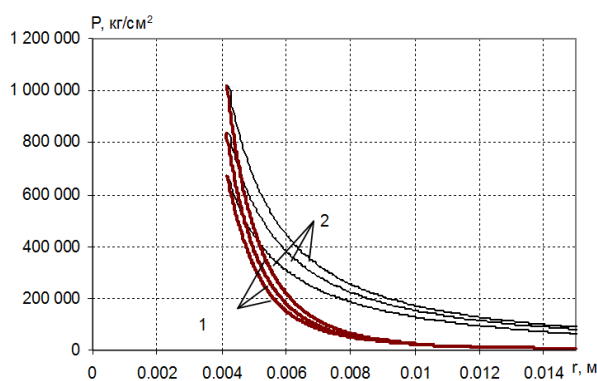


Рис. 3. Давление на волне (тонкая линия, кривая 2) и на каверне (жирная линия, кривая 1) в зависимости от расстояния r

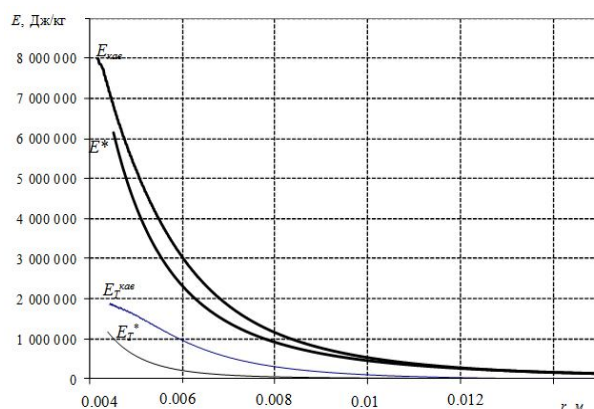


Рис. 4. Изменение внутренней энергии $E_{\text{кав}} (E^*)$ и ее тепловой составляющей $E_{\text{Ткав}} (E_T^*)$ в области каверны (во фронте волны) в зависимости от расстояния r

Изучение поведения тепловых и динамических составляющих давления и энергии преграды в зависимости от расстояния r (см. рис. 3, 4) при скоростях удара 8; 9.5; 11 км/с (снизу вверх, соответственно) и диаметре частицы $d_{\text{сф}}=8.33$ мм показывает, что при $V_0=8$ км/с процесс затухания энергии E , включая ее составляющие $E_{\text{П}}$, E_{T} , в зависимости от расстояния r как на фронте волны, так и на поверхности кратера происходит сугубо по нелинейному закону и имеет место неравенство $E_{\text{П}} > E_{\text{T}}$.

Величины давления P во фронте волны при фиксированных расстояниях r намного больше, чем в области каверны, а внутренняя энергия E и температура T преграды приобретают наибольшие значения на поверхности каверны. При этом для составляющих давления имеет место неравенство $P_{\text{П}} \gg P_{\text{T}}$.

Следовательно, материал преграды во фронте волны мгновенно нагружается в соответствии с нелинейной диаграммой сжатия среды, а затем в области, ограниченной фронтом волны и поверхностью кратера, рассматривается необратимый процесс разгрузки материала (в соответствии с выбранной диаграммой нагружения-разгрузки), т.е. наблюдается уменьшение величины давления с увеличением расстояния r от волны до кратера. В данном случае динамика распространения теплового процесса в преграде в отличие от ударно-волнового имеет противоположную тенденцию. Это означает, что при высокоскоростном соударении частицы с преградой в материале мишени появляется высокотемпературная зона вблизи кратера, а не во фронте волны.

Сравнительный анализ результатов расчета для частиц из алюминия при скорости удара 8 км/с и диаметре частицы $d_{\text{сф}}=8.33$ мм (см. рис. 4) показывает, что значения потенциальной и тепловой компонент энергии на волне ниже, чем в области каверны.

Таким образом, в работе предложена инженерная методика расчетов термодинамических и ударно-волновых параметров процесса кратерообразования в плоской преграде при ударе о нее сферической частицы из разных материалов со скоростями 5 – 8 км/с, проведены численные расчеты на ПЭВМ и анализ их результатов.

Метод расчета адаптирован к условиям экспериментов на установке МБУ по размерам кратера в преграде при скоростях удара частицы 5.314 – 7.310 км/с с учетом нелинейных тепловых и потенциальных (холодных) составляющих энергии и давления в плоской преграде из АМг-6 в зависимости от скорости удара сферической частицы.

Отмечено, что результаты расчета размеров кратера находятся в удовлетворительном соответствии с экспериментальными данными измерений, их разница при $5.31 \leq V_0 \leq 7.31$ км/с составляет порядка 10 – 15 %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Гидродинамика. Изд. 4-е. М.: Наука, 1988. – 730 с.
- [2] Сапожников А. Т., Миронова Е. Е. Уравнение состояния алюминия с учетом испарения и ионизации // VI Забалахинские научные чтения. Челябинск, 2003. С. 1 – 13.
- [3] Сапожников А. Т., Миронова Е. Е., Шахова Л. Н. Уравнение состояния алюминия с описанием плавления, испарения и ионизации // VIII Забалахинские научные чтения. Челябинск, 2005. С. 1 – 12.
- [4] Хищенко К. В., Жерноклетов М. В., Ломоносов И. В., Сутолов Ю. Н. Динамическая сжимаемость, адиабаты разгрузки и уравнение состояния стилибена при высоких плотностях энергии // ЖТФ. 2005. Вып. 2. Т. 75. С. 57 – 61.
- [5] Уолш Дж., Шрефлер Р. И., Уиллиг Ф. Предельные условия для образования струи при соударении на высоких скоростях. Сб. пер. и обзоров иностранной литературы. Механика. Вып. 2. М.: Мир, 1954.
- [6] Станюкович К. П. Неустановившиеся движения сплошной среды. М.: Наука, 1971. – 852 с.
- [7] Жекамухов М. К., Шухова Л. З. Электронный журнал "Исследовано в России", 099/001203, С. 1353 – 1364, 2000, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2000/099.pdf>.
- [8] Лаврентьев М. А., Шабат Б. В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. М.: Наука, 1973. – 407 с.
- [9] Баум Ф. А., Орленко Л. П., Станюкович К. П. и др. Физика взрыва. М.: Наука, 1975. – 704 с.
- [10] Зельдевич Я. Б., Райзер Ю. П. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. М.: Наука, 1966. – 688 с.
- [11] Малама Ю. Г. Численное моделирование высокоскоростного удара по полубесконечной мишени. Препринт № 495. ИКИ АН СССР. М., 1979. – 36 с.
- [12] Геринг Дж. Теория соударения с тонкими мишенями и экранами в сопоставлении с экспериментальными данными // Высокоскоростные ударные явления. М.: Мир, 1973. С. 112 – 163.
- [13] Рахматулин Х. А., Сагомоян А. Я., Алексеев Н. А. Вопросы динамики грунтов. М.: МГУ, 1964. – 239 с.
- [14] Аверсьев С. П., Мамадалиев Н. и др. Динамическое расширение сферической и цилиндрической полости в нелинейно-сжимаемой пластической среде // Проблемы механики. Ташкент: Фан, 1999. № 2 – 3. С. 9.
- [15] Скалкин А. С., Сунцов Г. Н. и др. Исследование процесса кратерообразования при высокоскоростном воздействии алюминиевой частицы на массивную преграду из сплава АМГ-6 // Космонавтика и ракетостроение. Вып. 1 (62). 2011. С. 65 – 72.
- [16] Ильюшин А. А. Пластичность. М.: Гостехиздат, 1948. – 376 с.
- [17] Доронницын А. А. Пограничный слой в сжимаемом газе // Прикладная математика и механика. Вып. 6. 1942. Т. 6. С. 449–486.
- [18] Аверсьев С. П., Мамадалиев Н. Применение модели пластического газа Х. А. Рахматулина для исследования процесса кратерообразования в плоской мишени при высокоскоростном ударе сферической частицы // Космонавтика и ракетостроение. Вып. 1 (54). 2009. С. 134 – 144.

Андижанский машиностроительный институт

Дата поступления
29.07.2015

К. Атабаев, Т. Джалилова, А. Р. Джаббаров. Ясси нишонга юқори тезликдаги урилишдан ҳосил бўладиган кратерни параметрларига материал заррачаларини таъсири тадқиқотлари

Чизиқли бўлмаган сиқилувчан пластик муҳит модели асосида, АМГ-6 дан ҳосил қилинган ясси ярим чекланган тўсиқда, унга турли материаллардан ташиқил тоған сферик заррачаларни юқори тезликдаги урилишида кратер ҳосил бўлиши ҳақидаги масала ечими тақдим этилади. Кратер юзасида ва сферик тўлқин бўйлаб, зарралар урилиши тезлиги 5 – 8 км/с бўлганда, босим ва энергияни ташиқил этувчи, нишонни ҳосил қилган материалдаги пайдо бўлган кратер чуқурлигини ҳисоблаш натижалари келтирилган. Нишондаги кратер ўлчамларини ҳисоблаш улар бўйича ўтказилган бошқа тажрибалар натижалари билан таққосланган.

K. Atabaev, T. Jalilova, A.R. Jabbarov. Investigation of the effect of the particles' material on the parameters of the cratering of a flat target at high velocity impact

Based on the model of nonlinear compressible plastic medium the solution of the problem of cratering in the semi-infinite flat obstacle (target) of AMg-6 at high velocity impacting on it by spherical particles of different materials was defined. The results of calculations of the depth of the crater in the material of the target constituting the pressure and energy on the surface of the crater and in the front of the spherical wave at an impact speed of the particle 5 – 8 km/s. Calculated sizes of the craters in the target are compared with known experimental data.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ВЯЗКО - ИНЕРТНО ДЕФОРМИРУЕМОЙ СРЕДЫ

За прошедшие десятилетия достигнуты значительные успехи в разработке научных основ химической технологии, создании новых интенсивных и высокопроизводительных процессов и аппаратов, а также в совершенствовании уже известных процессов и аппаратов. Эти успехи обусловили значительный технический прогресс химической технологии. Для дальнейшего развития народного хозяйства республики в данном направлении необходимо ускоренное развитие химической и нефтехимической промышленности, предусматривающее широкое внедрение прогрессивных, особенно непрерывных, технологических процессов; ускорение разработки и промышленного внедрения новых процессов химической технологии. Отсюда вытекает необходимость углубления и совершенствования науки об основных процессах и аппаратах, разрешения наиболее сложных проблем гидродинамических, тепловых, массообменных и других процессов. В химической промышленности осуществляются разнообразные процессы, в которых исходные материалы в результате химического взаимодействия претерпевают глубокие превращения, сопровождающиеся изменением агрегатного состояния, внутренней структуры и состава веществ.

Наряду с химическими реакциями, являющимися основой химико-технологических процессов, последние обычно включают многочисленные физические (в том числе механические) и физико-химические процессы [1]. К таким процессам относятся: перемещение жидкостей, твердых материалов и многофазных сред, измельчение и классификация последних, сжатие и гидроаэродинамическое транспортирование, нагревание и охлаждение веществ, их перемешивание, разделение жидких, газовых и твердых неоднородных смесей, выпаривание растворов, сушка материалов и др. При этом способ проведения указанных процессов часто определяет возможность осуществления, эффективность и рентабельность производственного процесса в целом.

Для создания отечественной конкурентоспособной техники и технологии необходимо математическое моделирование и решение задач движения, деформирования материалов в технологических процессах. Результаты этих работ дадут возможность изыскания новых эффективных способов их обработки и переработки, способствующих повышению качества продукции и совершенствованию технологии. При этом появляется необходимость учитывать реологические свойства перерабатываемых материалов.

В статье обрабатываемые и перерабатываемые в технологических процессах материалы моделируются как вязко-инертно деформируемые среды. Поскольку при деформировании различных сред наиболее ярко проявляется различие в свойствах и особенностях их поведения, мы далее рассмотрим вопрос о связи между скоростями, ускоренными деформациями и напряжениями.

Как известно, обобщенный закон Ньютона для вязкой несжимаемой жидкости в цилиндрических координатах имеет следующий вид [2 – 4]:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{rr} &= -p + 2\mu \frac{\partial u_r}{\partial r}, & \tau_{r\varphi} &= \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r} \right), \\ \tau_{\varphi\varphi} &= -p + 2\mu \left(\frac{u_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} \right), & \tau_{\varphi z} &= \mu \left(\frac{\partial u_\varphi}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \varphi} \right), \\ \tau_{zz} &= -p + 2\mu \frac{\partial u_z}{\partial z}, & \tau_{zr} &= \mu \left(\frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right), \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

а уравнение несжимаемости в цилиндрических координатах –

$$\frac{\partial u_r}{\partial r} + \frac{u_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_z}{\partial z} = 0, \quad (2)$$

где μ, u_i, τ_{ij}, p – динамическая вязкость, компоненты скорости, компоненты тензоров напряжений, давление соответственно.

В работе [5] введены компоненты тензора ускоренной деформации, соответствующие пространственному изменению компонент ускорений, в виде $\ddot{\gamma}_{ij} = \frac{\partial W_i}{\partial x_j}$ и установлен закон, по которому произведение массы в единице длины m_ℓ на тензор ускоренной деформации $\ddot{\gamma}_{ij}$ прямо пропорционально тензору напряжения τ_{ij} , т.е.

$$\tau_{ij} = m_\ell \ddot{\gamma}_{ij}. \quad (3)$$

Согласно закону для несжимаемой среды в цилиндрических координатах получим следующие выражения:

$$\left. \begin{aligned} \tau_{rr} &= -p + 2m_\ell \frac{\partial w_r}{\partial r}, & \tau_{r\varphi} &= m_\ell \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial w_\varphi}{\partial r} - \frac{w_\varphi}{r} \right), \\ \tau_{\varphi\varphi} &= -p + 2m_\ell \left(\frac{w_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial w_\varphi}{\partial \varphi} \right), & \tau_{\varphi z} &= m_\ell \left(\frac{\partial w_\varphi}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial w_z}{\partial \varphi} \right), \\ \tau_{zz} &= -p + 2m_\ell \frac{\partial w_z}{\partial z}, & \tau_{zr} &= m_\ell \left(\frac{\partial w_z}{\partial r} + \frac{\partial w_r}{\partial z} \right), \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где m_ℓ, w_i – линейная плотность и компоненты ускорений.

Уравнение несжимаемости будет иметь вид

$$\frac{\partial w_r}{\partial r} + \frac{w_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial w_\varphi}{\partial \varphi} + \frac{\partial w_z}{\partial z} = 0. \quad (5)$$

Исходя из того, что несжимаемая вязкая жидкость Ньютона и деформируемая среда ускоренно и по инерции продвигаются под общим давлением P , и с учетом (1), (4) и (2), (5), суммарные компоненты напряжений в цилиндрических координатах примут следующий вид:

$$\begin{aligned} \tau_{ij} &= -P \\ \tau_{r\varphi} &= \mu \left(\frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} - \frac{u_\varphi}{r} \right) + m_e \left(\frac{1}{r} \frac{\partial w_r}{\partial \varphi} + \frac{\partial w_\varphi}{\partial r} - \frac{w_\varphi}{r} \right); \\ \tau_{\varphi z} &= \mu \left(\frac{\partial u_\varphi}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \varphi} \right) + m_e \left(\frac{\partial w_\varphi}{\partial z} + \frac{1}{r} \frac{\partial w_z}{\partial \varphi} \right); \quad \tau_{zr} = \mu \left(\frac{\partial u_z}{\partial r} + \frac{\partial u_r}{\partial z} \right) + m_e \left(\frac{\partial w_z}{\partial r} + \frac{\partial w_r}{\partial z} \right). \end{aligned} \quad (6)$$

Уравнения равновесия в цилиндрической системе координат имеют следующий вид [2 – 4]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tau_{rr}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\tau_{rr} - \tau_{\varphi\varphi}}{r} + \rho F_r &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{\varphi r}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{\varphi\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{\varphi z}}{\partial z} + \frac{2\tau_{r\varphi}}{r} + \rho F_\varphi &= 0, \\ \frac{\partial \tau_{zr}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{z\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \frac{\tau_{zr}}{r} + \rho F_z &= 0, \end{aligned} \quad (7)$$

где τ_{ij} – компоненты тензора напряжения; F_i – массовая сила; ρ – плотность среды.

Уравнения изменения количества движения в цилиндрической системе координат имеют следующий вид [2 – 4]:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial u_r}{\partial t} + \rho u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + \rho \frac{u_\varphi}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \rho u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} - \rho \frac{u_\varphi^2}{r} &= \frac{\partial \tau_{rr}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{r\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{rz}}{\partial z} + \frac{\tau_{rz} - \tau_{\varphi\varphi}}{r} + \rho F_r \\ \rho \frac{\partial u_\varphi}{\partial t} + \rho u_r \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} + \rho \frac{u_\varphi}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \rho u_z \frac{\partial u_\varphi}{\partial z} + \rho \frac{u_r u_\varphi}{r} &= \frac{\partial \tau_{\varphi r}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{\varphi\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{\varphi z}}{\partial z} + \frac{2\tau_{r\varphi}}{r} + \rho F_\varphi, \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial u_z}{\partial t} + \rho u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + \rho \frac{u_\varphi}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \varphi} + \rho u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} &= \frac{\partial \tau_{zr}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \tau_{z\varphi}}{\partial \varphi} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \frac{\tau_{rz} - \tau_{\varphi\varphi}}{r} + \rho F_z, \\ \rho \frac{\partial u_r}{\partial t} + \rho u_r \frac{\partial u_r}{\partial r} + \rho \frac{u_\varphi}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \varphi} + \rho u_z \frac{\partial u_r}{\partial z} - \rho \frac{u_\varphi^2}{r} &= - \frac{\partial p}{\partial r} + \\ + \mu \left(\frac{\partial^2 u_r}{\partial r^2} + \frac{\partial u_r}{r \partial r} + \frac{\partial^2 u_r}{\partial z^2} - \frac{u_r}{r^2} \right) + m_\ell \left(\frac{\partial^2 w_r}{\partial r^2} + \frac{\partial w_r}{r \partial r} + \frac{\partial^2 w_r}{\partial z^2} - \frac{w_r}{r^2} \right) + \rho F_r, \\ \rho \frac{\partial u_\varphi}{\partial t} + \rho u_r \frac{\partial u_\varphi}{\partial r} + \rho \frac{u_\varphi}{r} \frac{\partial u_\varphi}{\partial \varphi} + \rho u_z \frac{\partial u_\varphi}{\partial z} + \rho \frac{u_r u_\varphi}{r} &= - \frac{1}{r} \frac{\partial p}{\partial \varphi} + \\ + \mu \left(\frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial r^2} + \frac{\partial u_\varphi}{r \partial r} + \frac{\partial^2 u_\varphi}{\partial z^2} - \frac{u_\varphi}{r^2} \right) + m_\ell \left(\frac{\partial^2 w_\varphi}{\partial r^2} + \frac{\partial w_\varphi}{r \partial r} + \frac{\partial^2 w_\varphi}{\partial z^2} - \frac{w_\varphi}{r^2} \right) + \rho F_\varphi, \\ \rho \frac{\partial u_z}{\partial t} + \rho u_r \frac{\partial u_z}{\partial r} + \rho \frac{u_\varphi}{r} \frac{\partial u_z}{\partial \varphi} + \rho u_z \frac{\partial u_z}{\partial z} &= - \frac{\partial p}{\partial z} + \\ + \mu \left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial r^2} + \frac{\partial u_z}{r \partial r} + \frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2} \right) + m_\ell \left(\frac{\partial^2 w_z}{\partial r^2} + \frac{\partial w_z}{r \partial r} + \frac{\partial^2 w_z}{\partial z^2} \right) + \rho F_z. \end{aligned} \quad (9)$$

Рассмотрим стационарное, квазиодномерное движение среды в трубе радиуса R , как движение вязко-инертно деформируемой несжимаемой среды [5 – 7], реология которой определяется системой уравнений (6).

Ось oz направим по оси трубы, а ось or – по радиусу трубопровода. Тогда

$$u_z = u_z(r), \quad w_z = w_z(r), \quad u_\varphi = 0, \quad w_\varphi = 0, \quad u_r = u_{r0} = const,$$

$$\frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} = - \frac{P_2 - P_1}{\ell} = \frac{P}{\ell} = N, \quad F_z = 0, \quad (10)$$

где τ_{zz} – нормальное напряжение; P – давление; F_z – массовая сила.

Уравнением равновесия при предположениях (10) для рассматриваемого случая будет

$$\frac{\partial \tau_{rz}}{\partial r} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} + \frac{\tau_{rz}}{r} = 0. \quad (11)$$

Учитывая (6) в (11) и производя замену переменных в виде $u_m \bar{u}_z = u_z$ и $\bar{r}R = r$, получим

$$\frac{\partial}{\partial \bar{r}} \left(\bar{r} \frac{\partial^2 \bar{u}_z}{\partial \bar{r}^2} \right) + a_1 \frac{\partial}{\partial \bar{r}} \left(\bar{r} \frac{\partial \bar{u}_z}{\partial \bar{r}} \right) = -a_2 \bar{r}. \quad (12)$$

Интегрируя уравнение (12) дважды по $\bar{r}$, получим

$$\left(\frac{\partial \bar{u}_z}{\partial \bar{r}} \right) + a_1 \bar{u}_z = a_2 \bar{r}^2 + c_1 \ln \bar{r} + c_2. \quad (13)$$

Так как определяемая скорость $\bar{u}_z$ должна быть конечной при всех значениях $\bar{r}$, а слагаемое в (13) $c_1 \ln \bar{r}$ обращается в бесконечность при $\bar{r} = 0$, т.е. на оси трубы, то мы должны принять $c_1 = 0$. Интегрируя уравнение (13) по $\bar{r}$, получим

$$\bar{u}_z = a_2 \left(\frac{\bar{r}^2}{a_1} - \frac{2\bar{r}}{a_1^2} + \frac{2}{a_1^3} \right) + \frac{c_2}{a_1} + c_3 e^{-a_1 \bar{r}}.$$

Граничными условиями будут: $\bar{u}_z = 0$ при $\bar{r} = 1$, $\frac{\partial \bar{u}_z}{\partial \bar{r}} = 0$ при $\bar{r} = 0$. Решение, удовлетворяющее этим условиям, будет иметь вид

$$\bar{u}_z = a_0 (1 - \bar{r}^2) - 2a_0 Kh (1 - \bar{r}) + 2a_0 Kh^2 \left(e^{-\frac{\bar{r}}{Kh}} - e^{-\frac{1}{Kh}} \right), \quad (14)$$

где $a_0 = \frac{NR^2}{4f_1\mu_i u_m}$, $Kh = \frac{1}{a_1} = \frac{f_2 m_{\ell i} V_{r0}}{f_1 \mu_i R}$ – безразмерное число, выражающее отношение молярного массового расхода к молекулярному массовому расходу участвующих в обмене количеством движения между слоями движущейся среды.

Если молярные переносы малы и квадратом величины Kh можно пренебречь, то из решения уравнения (14) получим

$$\bar{u}_z = a_0 (1 - \bar{r}^2) - 2a_0 Kh (1 - \bar{r}). \quad (15)$$

Здесь $a_0 = \frac{NR^2}{4f_1\mu_i u_m}$.

Когда $Kh \rightarrow 0$, из (8) получим

$$\bar{u}_z = a_0 (1 - \bar{r}^2). \quad (16)$$

Последнее – есть решение установившегося прямолинейно параллельного течения вязкой жидкости в круглой цилиндрической трубе.

Решение (15) учитывает малые значения молярных процессов переноса, подобно решению установившегося движения вязкопластической жидкости в цилиндрической трубе, и имеет вид [8]

$$\bar{u}_z = \frac{NR^2}{4\mu u_m} (1 - \bar{r}^2) - \frac{\tau_0 R}{\mu u_m} (1 - \bar{r}). \quad (17)$$

Сопоставляя уравнения (15) и (17), определим взаимосвязь между коэффициентами при втором слагаемом в виде

$$\tau_0 = \frac{NR}{2} Kh. \quad (18)$$

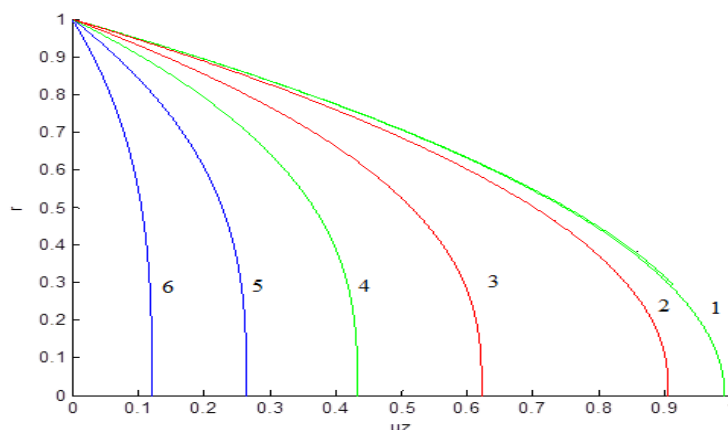
Составляя баланс сил на поверхности жидкого цилиндра на расстоянии r_0 , получим равенство $\tau_0 = \frac{Nr_0}{2}$. Подставив его в равенство (18), получим

$$\frac{f_2 m_{\ell i} V_{r0}}{f_1 \mu_i R} = \frac{r_0}{R}.$$

Отсюда следует, что безразмерное число Kh , соответственно принятому предположению,

равно радиусу ядра потока, деленному на радиус трубы. Здесь отношением молярных и молекулярных обменивающихся количеством движения масс определяется отношение образовавшегося радиуса ядра потока к радиусу трубы.

Как следует из рисунка, распределение безразмерной скорости по сечению трубопровода при $Kh=0.005$ (кривая 1) соответствует параболическому распределению скорости. С увеличением Kh увеличивается размер ядра потока (кривые 2 – 6). Увеличение Kh связано с образованием надмолекулярных структур, а уменьшение – с разрушением этих структур. Чем больше Kh , тем больше среда деформационно инертно сопротивляется движению, поэтому скорость потока уменьшается. Эти результаты согласуются и с тем очевидным фактом, что молярные образования более инертны к изменению своего деформационного состояния, чем молекулы, подвижность которых гораздо больше относительно молей. В силу этого в средах с большими значениями молей, участвующих во внутреннем обмене количеством движения между слоями потока, сопротивление относительно вязких жидкостей намного больше.



Результаты расчетов по формуле (14) для значения $a_0=1$ при Kh , равном: 1 – 0.005; 2 – 0.05; 3 – 0.25; 4 – 0.5; 5 – 1; 6 – 2.5

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971. – 784 с.
- [2] Слезкин Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М., 1955. – 520 с.
- [3] Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1987. – 840 с.
- [4] Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. М.: Дрофа, 2003. – 840 с.
- [5] Хусанов И. Н. О деформируемости сред по инерции // Гидродинамика многофазных сред и тепломассообмен. Ташкент: Фан, 1987. С. 151 – 155.
- [6] Хусанов И. Н. Математическая модель сжимаемой деформируемой сплошной среды с несколькими временами релаксации // ВИНТИ. 24.08. №6006-84. 1984. – 22 с.
- [7] Хусанов И. Н. Реологическая модель концентрированных гидросмесей // Международная научно-техн. конф. «Современная техника и технология горно-металлургической отрасли и пути их развития». 29 – 30 сентября 2008 г. Навои, 2008. С. 109 – 110.
- [8] Шищенко Р. И., Есьман Б. И., Кандратенко П. И. Гидравлика промысловых жидкостей. М.: Недра, 1976. – 294 с.

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

Дата поступления
19.08.2015

У.Н. Балтабаев, И.Н. Хусанов. Ёпишқоқ-инерт деформацияланувчи муҳит ҳаракатини моделиштириш

Мақолада технологик жараёнларда ишлов бериладиган ва қайта ишланадиган материаллар ёпишқоқ-инерт деформацияланувчи муҳит сифатида моделиштирилган. Ёпишқоқ-инерт деформацияланувчи муҳит учун ҳаракат миқдорини ўзгартириш тенгламалари цилиндр координаталар системасида тузиб чиқилган ва стационар, квази бир ўлчамли қувурдаги оқим учун аниқ аналитик ечим олинган. Олинган ечимда ўлчамсиз Kh сонини квадрати кичик бўлса ёпишқоқ-пластик муҳитни қувурдаги оқим ечими, $Kh=0$ бўлса н्यूтонни ёпишқоқ суюқлигини қувурдаги оқим ечими хусусий ҳол бўлиб олиниши тақозо этилган.

U.N. Baltabaev, I.N. Khusanov. Simulation of viscous-inert motion of deformable medium

In this work materials processed and recycled in technological procedures are simulated as viscous-inert medium. Equations of variation of motion amount in cylinder system of coordinates for viscous-inert deformable medium are derived, as well as an exact analytical solution for stationary quasi-uniform motion of viscous-inert deformable incompressible medium in R-radius pipe. The presence of dimensionless number determined as a ratio of molar and molecular, interchanging between layers, mass motion was estimated, as well as the fact that with small molar transfers and neglect of the root of value, general solution may lead to the solution of steady-state motion of viscous-plastic fluid in cylinder pipe, and at to the solution of steady-state rectilinear parallel flow of viscous Newtonian fluid in circular cylinder pipe.

РАСЧЕТ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ ПО КОРРОЗИИ БЕТОНА И АРМАТУРЫ

Зависимости для описания меры повреждения во времени позволяют определить остаточный ресурс пролетных строений по результатам технической диагностики.

Дифференциальное уравнение для меры накопления повреждений по [1 – 3] с учетом $\psi_i = \sum_{t=0}^T \frac{t_i}{T_i}$ (ψ_i – мера повреждения к любому моменту времени; t_i – время в момент технической диагностики; T_i – годы эксплуатации) записывается в виде

$$\frac{d\psi}{dt} = ce^{-\alpha t}, \quad (1)$$

где $c=0.9R_b \cdot b$; R_b – проектная прочность бетона; b , α – параметры, характеризующие скорость снижения прочности во времени; t – время от начала эксплуатации, годы.

Полученная зависимость описывает скорость снижения прочности бетона во времени в условиях солевой коррозии.

Из (1), разделив переменные, можно записать

$$\int_0^{\psi} d\psi = c \int_0^t e^{-\alpha t} dt. \quad (2)$$

Накопленная мера повреждения ψ_1 к моменту времени t определяется интегрированием уравнения

$$\int_0^{\psi_1} d\psi = c \int_0^{t_1} e^{-\alpha t} dt, \quad (3)$$

$$\psi_1 = -ce^{-\alpha t_1}. \quad (4)$$

Ресурс T_{res} пролетного строения при исчерпании несущей способности $\psi=1$ определяется из уравнения

$$\int_0^1 d\psi = -c \int_0^{T_{res}} e^{-\alpha t} dt. \quad (5)$$

Допустим, к моменту технической диагностики t_1 накопленное повреждение $\psi=\psi_1$. Допустимое значение меры повреждения принимаем $\psi=\psi_{cr}$. Тогда для определения времени достижения повреждения критических значений ψ_{cr} (4) записывается в виде

$$\int_{\psi_1}^{\psi_{cr}} d\psi = c \int_{t_1}^{T_{res}} e^{-\alpha t} dt. \quad (6)$$

Интегрирование дает

$$\Delta T_{resb} = \frac{\ln \left[\frac{\psi_{cr} - \psi_{1b}}{c} \right]}{\alpha}, \quad (7)$$

где $\Delta T_{resb} = T_{res} - t_1$ – остаточный ресурс – расчетный срок службы с момента технической диагностики; T_{res} – проектный ресурс пролетного строения.

Ресурс пролетного строения по коррозии арматуры определяется по аналогичной методике

$$\frac{d\psi_3}{dt} = c_3 e^{-\beta t}; \quad (8)$$

$$\int_0^1 d\psi_3 = c_3 \int_0^{T_{res}} e^{-\beta t} dt \quad (9)$$

$$T_{res} = \frac{\ln 1/c_3}{\beta}; \quad (10)$$

$C_3 = 0.7b_s A_{s0}$; $b_s = \frac{1}{A_s - A_{cr}}$; A_{s0} – первоначальная площадь арматуры.

Остаточный ресурс по коррозии арматуры

$$\int_{\psi_1}^{\psi_{cr}} d\psi = c_3 \int_{t_1}^{T_{res}} e^{-\beta t} dt; \quad (11)$$

$$\Delta T_{ress} = \frac{\ln \left[\frac{\psi_{c3} - \psi_{is}}{c_3} \right]}{\beta}. \quad (12)$$

Таким образом, по полученным зависимостям можно определить остаточный ресурс эксплуатируемых железобетонных пролетных строений, подверженных влиянию солевой коррозии. Основными исходными данными при этом являются результаты технической диагностики.

Важным моментом при определении остаточного ресурса является правильное назначение предельных нормированных величин меры повреждения ψ_{cr} .

Исследованию вопросов по назначению ψ_{cr} в практических задачах посвящены работы [1 – 5]. По результатам анализа этих работ видно, что нормированное значение ψ_{cr} – случайная величина, а точное определение ее является сложной задачей и представляет математические трудности. Поэтому в [2, 3] приводятся данные по практическому использованию простых математических моделей для назначения ψ_{cr} при обосновании допустимых значений.

В трудах В.О. Осипова [6, 7] значение ψ_{cr} обосновано для прогнозирования остаточного ресурса металлических пролетных строений.

В работах [2, 3] нормированное значение ψ_{cr} установлено отдельно по разным видам исчерпания ресурса пролетных строений: выносивости бетона и арматуры, прогибу и другим признакам. При этом вероятность неразрушения при любом значении накопленной меры повреждения задана в виде

$$P(\psi) = 1 - \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^{\psi_{cr}} \exp \left[-\frac{(\psi - \bar{\psi})^2}{2\sigma^2} \right] d\psi \quad (13)$$

или

$$P(\psi) = 1 - \Phi \left[\frac{\bar{\psi} - \psi_{cr}}{\sigma} \right]. \quad (14)$$

В таблице записаны значения ψ_{cr} , вычисленные по (15) по результатам испытания опытных образцов на многократно повторные нагружения. Как установлено, с увеличением допускаемых величин ψ_{cr} вероятность неразрушения снижается. Здесь одной из главных задач является установление уровня неразрушения $P(\psi)$ – уровня надежности работы пролетного строения по рассматриваемому признаку.

Изменения значений ψ_{cr}

Значения ψ_{cr}	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65
Вероятность неразрушения $P(\psi)$	0.999	0.996	0.989	0.971	0.934	0.864	0.722

В работах [8 – 10] для железобетонных конструкций при отказе по признаку хрупкого разрушения потери устойчивости предлагается принимать $P(\psi)=0.999$, а при наступлении отказа без потери несущей способности – $P(\psi)=0.99$.

В рекомендациях [12] уровень надежности $P(\psi)$ предлагается назначить в зависимости от категории дороги, на которой находятся мостовые сооружения.

Как видно, для назначения $P(\psi)$ в настоящее время не имеется достаточно обоснованных предложений. Поэтому, следуя результатам исследований [8, 9, 11, 13], для расчетов ресурса с определенной осторожностью можно принимать $P(\psi)=0.95$.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мамажанов Р. Прогнозирование процесса накопления повреждений в элементах, подверженных режимным нагрузкам // Изв. АН УзССР. Серия техн. наук. 1989. № 2. С. 22 – 25.
- [2] Тынков И.Б., Низамутдинова Р.З. Причины появления повреждений в железобетонных пролетных строениях, эксплуатируемых в условиях Средней Азии // Эксплуатационная надежность инженерных сооружений при сложных нагрузках и воздействиях внешней среды. Ташкент, 1990. – 40 с.
- [3] Чирков В.П. Вероятностные методы расчета мостовых железобетонных конструкций. М.: Транспорт, 1980. – 128 с.
- [4] Васильев А.И. Вероятностная оценка остаточного ресурса физического срока службы железобетонных мостов // Проблемы нормирования и исследования потребительских свойств мостов / ЦНИИС. Вып. 208. М., 2002. С. 101 – 121.
- [5] Потапкин А.А. Оценка ресурса мостов с учетом дефектов и повреждений // Вестник мостостроения (спец. выпуск). М., 1997. № 3. С. 22 – 24.
- [6] Осипов В.О. Долговечность металлических пролетных строений железнодорожных мостов. М.: Транспорт, 1982. – 287 с.
- [7] Осипов В.О. Резервы грузоподъемности металлических мостов // Железнодорожный транспорт. 1999. № 8. С. 42 – 45.
- [8] Низамутдинова Р.З. Ресурс железобетонных пролетных строений мостов на железнодорожных линиях промышленных предприятий: Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент: ТаШИИТ, 1994.
- [9] Чирков В.П. и др. Сроки службы – основа для проектирования транспортных систем // Транспортное строительство. 2000. № 1. С. 15.
- [10] Шестериков В.И. Оценка состояния автодорожных мостов и прогнозирование его изменения с помощью показателя физического износа // Автомобильные дороги. Вып. № 4. М., 1991. С. 1 – 48.
- [11] Рекомендации по оценке и обеспечению надежности транспортных сооружений. М.: ЦНИСК, 1989 – 71 с.
- [12] Кильдеева О.И. Ресурс железобетонных пролетных строений мостов по коррозии арматуры // Истеъдод. 1998. № 7 (7). С. 100 – 108.
- [13] Методика расчетного прогнозирования срока службы железобетонных пролетных строений автодорожных мостов / ГП РосДОРНИИ. М.: ПО «Верстка», 2001. – 128 с.

Ташкентский автомобильно-дорожный институт

Дата поступления
24.09.2015

Н.З. Саатова. Қўприқлар темирбетон оралиқ қурилмасининг бетон ва арматура коррозияси бўйича қолдиқ ресурсини ҳисоблаш

Мақолада эксплуатациядаги оралиқ қурилмаларнинг қолдиқ ресурсини ҳисобий аниқлаш усули келтирилган. Қолдиқ ресурсини ҳисоблаш учун асосий бошланғич маълумот техник диагностика натижасида аниқланган параметрлар эканлиги кўрсатилган. Туз коррозиясига учраган оралиқ қурилманинг қолдиқ ресурси нормал эксплуатациядаги худди шундай оралиқ қурилмалар қолдиқ ресурсидан 3 марта кам эканлиги таъкидланган.

N.Z. Saatova. Calculation of residual life of reinforced concrete bridge spans on the corrosion of concrete and reinforcement

On the article is given the practical way of the estimated definition of the residual resource the operated spans. It is shown that the main source data for the calculation of the residual life are parameters defined in the technical diagnostics. It is established, that the residual life of spans subjected to the salt corrosion is 3 times less the residual life of the same structures set on the normal operating conditions.

КОЛЕБАНИЯ ЗДАНИЙ И ИХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ПРИ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ

Тенденция развития сейсмостойкости сооружений в мире базируется на экспериментально-теоретических методах исследования и решение проблемы сейсмостойкости сооружений зависит от применения современных научных основ технологии сейсмостойкого строительства, методов сейсмической защиты зданий и сооружений. При решении проблемы реальные данные натурных инструментальных измерений прочности конструкций при действии динамических нагрузок и их научное представление в теоретических исследованиях и методах расчета сейсмостойкости сооружений имеют исключительное значение для технологии сейсмостойкого строительства.

В соответствии с современными требованиями и уровнем мировых научных достижений при экспериментальных исследованиях прочности и сейсмостойкости сооружений широко применяются современные лаборатории, а также инженерно-сейсмометрические станции для регистрации колебаний сооружений и грунта при землетрясениях.

Инженерно-сейсмометрические станции наблюдений (ИССН) в республике были организованы после Ташкентского землетрясения 1966 г., начиная с 1967 г. по государственным актам бывших УзССР и СССР по специальным проектам в период строительно-монтажных работ в различных зданиях с учетом значения результатов измерений воздействия происходящих землетрясений на здания и их грунтовые основания в практике сейсмостойкого строительства. На основе решения Комитета координации развития науки и технологий при КМ республики в 2005 г. выделены средства для восстановления ИССН, как уникальных научно-технических объектов. С этого момента ИССН действуют в пятиэтажном кирпичном здании Института сейсмостойкости сооружений АН РУз и в семнадцатипятиэтажном каркасном здании гостиницы «Узбекистан» [1]. В 2006 г. ИССН организованы на Ташкентской телебашне по заказу Ташкентского радиотелепередающего центра (ТашРТЦ) [2, 3].

ИССН работают в ждущем режиме на базе индивидуального питания и предназначены для регистрации воздействия землетрясений на здания и их грунтовые основания при землетрясениях интенсивностью 3 и выше баллов. ИССН производят записи перемещения и ускорения колебаний зданий и их грунтовых оснований при землетрясениях по измерительным точкам: грунт; подвал; пол первого этажа; пол среднего этажа; пол технического этажа и крыша зданий. Записи обрабатываются и вносятся в ПЭВМ для создания базы данных о произошедших землетрясениях и используются в дальнейших исследованиях и в практических расчетах.

В 2006 г. путем модернизации измерительного комплекса на базе «аналогово-цифрового преобразователя + персонального компьютера» впервые разработана трехканальная регистрирующая система сигналов сейсмометров, которая была представлена в марте 2010 г. на III Республиканской ярмарке инновационных идей, технологий и проектов.

В 2014 г. введена в опытную эксплуатацию новая непрерывно регистрирующая девятиканальная система ИССН, основанная на компьютерной технологии с математическим обеспечением для обработки сейсмических сигналов при землетрясениях.

Характеристики исследуемых объектов. ИССН имеют паспорта, характеризующие место их расположения, здания, в которых они организованы, инженерно-геологические условия площадки строительства, порядок расположения измерительных пунктов и техническое оснащение станции [1 – 3].

Объект №1. ИССН, расположенная в пятиэтажном кирпичном здании Института сейсмостойкости сооружений АН РУз, полностью восстановлена и введена в эксплуатацию с 20 июня 2005 г. [1].

Антисейсмические мероприятия: по внутренним продольным несущим стенам вдоль коридора установлены железобетонные сердечники с шагом 9.6 м; 12.8 м и 9.6 м. Плиты перекрытия вместе с антисейсмическими поясами образуют единый монолитный диск. Это достигнуто путем заанкеровки и бетонирования в швах. Кирпичные кладки усилены арматурными сетками.

Логарифмические декременты и периоды собственных колебаний здания в продольном и поперечном направлениях равны соответственно

$$\delta_{np}=0.24, T_{np}=0.27 \text{ с и } \delta_{non}=0.28, T_{non}=0.33 \text{ с.}$$

В строении рассматриваемого района принимают участие лёссовидные породы. Лёссовидные суглинки, расположенные выше уровня грунтовых вод, просадочные, а ниже их расположена непросадочная супесь. Грунтовые воды в период высокого положения их уровня в зависимости от рельефа залегают на глубине 8 – 10 м. Расчетные сопротивления оснований из лёссовидных пород – до 1.5 кг/см².

Сейсмичность площадки по карте сейсморайонирования г. Ташкента оценивается на границе 8 – 9 баллов.

Объект № 2. Вновь восстановленная ИССН в здании гостиницы «Узбекистан» запущена и эксплуатируется с 14 октября 2005 г. [1]. По конструктивной схеме здание относится к каркасно-металлической системе, несущими конструкциями которой являются металлические каркасы из прокатных профилей. Здание имеет два подземных и 17 наземных этажей.

Логарифмические декременты и периоды собственных колебаний здания в продольном и поперечном направлениях равны соответственно

$$\delta_{np}=0.20; T_{np}=0.33 \text{ с и } \delta_{non}=0.23; T_{non}=0.37 \text{ с.}$$

Площадка строительства с поверхности толщи лёссовидных пород перекрыта культурно-насыпными отложениями мощностью 1.0 – 1.5 м. Под насыпными породами залегает толща палевых лёссовидных суглинков с различными структурными особенностями, которые на глубине 15.0 – 16.0 м подстилаются темно-коричневыми суглинками комковатой ореховой структуры с включением известковых конкреций тугопластичной и мягкопластичной консистенции мощностью 9.5 м. Грунтовые воды вскрыты на глубине 14.1 – 17.5 м. Сейсмичность площадки по карте сейсморайонирования г. Ташкента оценивается в 8 баллов.

Объект №3. ИССН, расположенная на территории ТашРТПЦ, была запущена в 4-м квартале 2006 г. и эксплуатировалась до 2013 г. [2, 3]. Объект состоял из металлической башни высотой $H=375$ м с двухэтажным техническим зданием, совмещенным с фундаментом башни и расположенным под башней. Техническое здание ТашРТПЦ представляло собой двухэтажное каркасное здание с подвалом в виде равностороннего треугольника, сторона которого равна 84.0 м.

Центральная часть выполнена металлическим каркасом и решена по радиально-кольцевой схеме диаметром 39.26 м. Периферийная часть каркаса представляет собой три прямоугольных элемента размером в плане 60×12 м каждый, расположенных под углом 120°. Каркас периферийной части здания выполнен сборным по серии ИИС-20-1 в виде рамно-связевой системы с ядром жесткости из монолитного железобетонного цилиндра диаметром 16.0 м.

По результатам измерений периоды свободных колебаний технического здания в поперечном и продольном направлениях и телебашни на уровне жесткого диска (на высоте 83.5 м) равны соответственно

$$\delta_{non}=0.37, T_{non}=0.19 \text{ с; } \delta_{np}=0.26, T_{np}=0.23 \text{ с; } \delta_{\theta}=0.26, T_{\theta}=0.45 \text{ с.}$$

Грунты, слагающие основания фундаментов телебашни, неоднородны по сжимаемости и чувствительны к динамическим нагрузкам. Сжимаемость грунтов значительно увеличивается при увеличении их влажности. Тип грунтовых условий по просадочности – I.

На поверхности распространены насыпные грунты мощностью от 3 – 6 до 10 – 12 м. Ниже в разрезе залегает лёссовая толща, мощность которой по трассам метрополитена изменяется от 3 – 6 до 40 – 73 м. При этом большие мощности лёссовых грунтов отмечаются на юго-западе, меньшие – на северо-востоке трассы, где встречаются галечники мощностью 38 – 43 м, залегающие непосредственно в основании лёссовых грунтов. Сейсмичность площадки строительства, согласно карте сейсмического микрорайонирования г. Ташкента, – 9 баллов.

Приведем информацию о произошедших землетрясениях за период эксплуатации ИССН в 2005 – 2007 гг., некоторые результаты регистрации колебания зданий и их грунтовых оснований, оценку интенсивности землетрясений, сравнение расчетных данных с результатами инструментальных измерений на объектах, где расположены станции наблюдения [1, 2].

Установленные на объектах сейсмические датчики ориентированы для регистрации колебаний здания и их грунтового основания по трем взаимно перпендикулярным направлениям. При этом направления регистрации датчиков могут не совпадать с направлением фронта волн при землетрясениях. Поэтому при оценке интенсивности землетрясений использованы максимальные среднеквадратические значения амплитуды колебаний грунта по записям, полученным от сейсмических датчиков при землетрясениях, ориентированных по горизонтальным направлениям. Таким образом, интенсивность землетрясений на территории объектов определена по максимальным среднеквадратичным значениям ускорений колебаний грунта при фиксированном времени.

В качестве примера приведем некоторые инструментальные данные, полученные на территории Объекта №2 при землетрясении 13 декабря 2005 г., произошедшем в горном районе на Северо-Востоке Афганистана. Эпицентр находился в горах Гиндукуша, на глубине 230 км под поверхностью земли. По данным сейсмической станции «Ташкент», 13 декабря 2005 г. в 2 часа 49 минут местного времени на территории республики произошло землетрясение. В Ташкенте сила подземных толчков составила 4 – 4.5 балла, в Фергане и Андижане – 5 баллов.

Во время землетрясения на ИССН получены записи колебаний грунтового основания и здания гостиницы «Узбекистан» по измерительным каналам при первом и втором толчках с продолжительностью 7.8 с и 18.6 с соответственно. При первом и втором толчках максимальные значения ускорений колебания грунта относительно поперечных и продольных осей здания и их среднеквадратичные значения равны соответственно:

$$\ddot{U}_{oy} = 2.2 \text{ см/с}^2, \ddot{U}_{ox} = 1.7 \text{ см/с}^2, \ddot{U}_0 = \sqrt{2.2^2 + 1.7^2} \text{ см/с}^2 = 2.6 \text{ см/с}^2.$$

$$\ddot{U}_{oy} = 2.8 \text{ см/с}^2, \ddot{U}_{ox} = 4.8 \text{ см/с}^2, \ddot{U}_0 = \sqrt{6.8^2 + 4.8^2} \text{ см/с}^2 = 8.3 \text{ см/с}^2.$$

Интенсивность землетрясения по полученным инструментальным данным на территории Объекта №2 по шкале [4] оценивается в пределах 4 балла.

Из полученных записей при землетрясении по всем измерительным точкам (ИТ) также определены и проанализированы параметры колебания здания [1]. В частности, в таблице приведены максимальные значения амплитуды смещения и соответствующие периоды колебания 17-го этажа по центральной оси (ИТ № 3) и покрытия правого крыла (ИТ № 4) гостиницы «Узбекистан».

Параметры колебания здания гостиницы «Узбекистан»

«ИТ»	Параметр колебания		1-я форма	2-я форма	3-я форма
№ 3	По оси «ох»	Период, с	1.5	1.1	0.4
		Амплитуда, мм	3.8	3.1	2.5
	По оси «оу»	Период, с	1.3	0.5	0.25
		Амплитуда, мм	3.2	3.4	1.6
№ 4	По оси «ох»	Период, с	1.1	0.6	0.3
		Амплитуда, мм	1.0	0.8	0.6
	По оси «оу»	Период, с	1.1	0.75	0.33
		Амплитуда, мм	0.6	0.5	0.3

Для определения теоретическими методами динамических параметров (периодов форм и декремента затухания) здания гостиницы «Узбекистан» использованы записи колебаний основания и этажей при землетрясении 13 декабря 2005 г. Для этой цели применен корреляционный метод [1], по которому построены автокорреляционная функция колебания грунта и ковариационная функция между колебаниями основания и перекрытия 17-го этажа. На основе решения интегрального уравнения Винера Хопфа определена весовая функция здания.

Для определения динамических параметров зданий из весовых функций необходимо исследовать их корреляционные спектральные свойства. Спектр весовой функции содержит сведения о периодах колебаний, а автокорреляционная функция – о декременте колебаний.

В данном случае удалось определить периоды 3-х форм колебаний:

$$T_1=1.1 \text{ с}; T_2=0.65 \text{ с}; T_3=0.35 \text{ с}.$$

Как видно, сравнение результатов инструментальных измерений и расчетных данных показывает расхождение периодов формы колебаний здания в пределах 20 – 25 %.

По данным сейсмической станции «Ташкент», 8 января 2007 г. в 22 часа 22 минуты местного времени на территории республики произошло землетрясение. Эпицентр его находился юго-восточнее от Ташкента на расстоянии 196 км в Республике Таджикистан, магнитуда – 5.9 по шкале Рихтера, интенсивность в районе землетрясения – 7 – 8 баллов. В Ташкенте сила подземных толчков составила 4 – 5 баллов.

Во время землетрясения произведено автоматическое включение ИССН на объектах, воспроизведена запись колебаний зданий и их грунтовых оснований продолжительностью $t=20.0$ с [1, 2]. Записи получены во всех пяти осциллографах Объекта №1, регистрирующих перемещение и ускорение в измерительных точках: грунт; 1-й этаж; 3-й этаж и перекрытие 5-го этажа. Максимальные значения ускорения колебания грунта при землетрясении на территории института оцениваются интенсивностью в 4.5 балла – 13.8 см/с^2 .

На Объекте № 3 записи получены на двух осциллографах, регистрирующих перемещение и ускорение в измерительных точках: грунт; 2-й этаж технического здания и жесткий диск телебашни. Максимальные значения ускорения колебания грунта при землетрясении оцениваются интенсивностью в 5 баллов – 16.7 см/с^2 , максимальное значение амплитуды перемещения колебания телебашни на уровне жесткого диска (на высоте 83.5 м) – около 10 мм.

Полученные данные свидетельствуют о том, что землетрясение на территориях телебашни и института проявилось максимальной интенсивностью воздействия из-за грунтовых условий. В целом полученные при землетрясениях инструментальные данные и результаты расчета показывают достаточную прочность сооружений, соответствующую проектным данным.

Таким образом, результаты инструментальных наблюдений сооружений и их грунтовых оснований при землетрясениях служат основой проверки существующих и разрабатываемых методов динамического расчета зданий и сооружений на сейсмические воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Отчеты по уникальным объектам: «Инженерно-сейсмометрические станции наблюдений». Ташкент: ИМиСС АН РУз, 2005 – 2007.
- [2] Отчеты по хоздоговорам: «Регистрация и оценка воздействия вибрационных волн от движения поездов метрополитена, наземного транспорта и ожидаемых землетрясений на сооружения ТашРТПЦ и их грунтовые основания». Ташкент: ИМиСС АН РУз, 2005 – 2007.
- [3] Сагдиев Х.С., Тешабоев З.Р., Фасахов В.Г. Вопросы надежной эксплуатации строительных конструкций Ташкентского телевизионного центра при динамических воздействиях // Материалы Международной научно-технической конференции «Состояние и перспектива развития связи и информационных технологий Узбекистана». 11 – 12 мая 2005 года. Ташкент, 2005. С. 169.
- [4] Шкала для определения интенсивности землетрясения в пределах от 6 до 10 баллов, РСТ Уз 836-97, Госкомархитектстрой. Ташкент, 1997. – 15 с.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Дата поступления
20.07.2015

Ҳ.С. Сагдиев, З.Р. Тешабоев, В.А. Галиаскаров. Ер қимирлашларида бино ва уларни грунтли заминларини тебранишлари

Ушбу мақолада 2005-2007 йиллардаги Муҳандислик – сейсмометрик кузатув станцияларини эксплуатация қилиш даврида содир бўлган zilzilalar ҳақидаги маълумотлар, бинолар ва уларни грунтли заминларининг тебранишларини қайд қилинган айрим натижалари, ер қимирлашларининг интенсивлигини баҳолаш, кузатув станциялари жойлашган объектлардаги инструментал ўлчов натижаларини ҳисоблаш натижалари билан солиштириш натижалари келтирилган.

Kh.S. Sagdiev, Z.R. Teshaboev, V.A. Galiaskarov. Buildings and its foundations' oscillation at earthquakes

Information on past earthquakes for life time period of engineer-seismometric stations at 2005-2007 is provided in this issue. There are some results for buildings' oscillation and its soil foundations' response, estimation of earthquake intensity, comparing of numerical results with instrumental observations on objects where its located are provided too in this article.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МИЦЕЛЛЯРНО-ПОЛИМЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НЕФТЯНОЙ ПЛАСТ

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) характеризуются двумя основными особенностями: поверхностной активностью и способностью образовывать мицеллы. Эти ПАВ называют часто мицеллообразующими или коллоидными. Если обычные вещества после достижения предельной концентрации выделяются в виде отдельной макрофазы (жидкости или осадка), то мицеллообразующие ПАВ в растворителе образуют ассоциаты, называемые мицеллами, которые являются термодинамическими стабильными системами. Смесь, содержащую мицеллы, можно охарактеризовать как микроэмульсию в том смысле, что она содержит дисперсные частицы субмикроскопического размера. Процентное содержание двух основных компонентов мицеллярного раствора (воды и углеводов) может изменяться в очень широких пределах.

Основной недостаток метода – большой расход дорогих химических реагентов, что вызвано необходимостью обеспечения высокой концентрации ПАВ для образования устойчивых мицеллярных растворов. Другой недостаток метода заключается в том, что не все типы вод приемлемы для приготовления мицеллярных растворов [1].

При движении водного раствора в пласте с течением времени в результате действия поверхностных сил породы и нефти и межфазных взаимодействий он переходит в состояние, при котором увеличивается его степень структурирования, т.е. по структурно-механическим свойствам он сближается с остаточной нефтью и связанной водой. Таким образом, величина нефтеотдачи при вытеснении нефти растворами реагентов определяется эффективностью взаимодействия реагента с дисперсными системами, какими являются пластовая нефть и связанная вода, высокая степень структурирования которых и повышение степени структурирования вытесняющего агента в процессе фильтрации снижают эффективность этого взаимодействия.

Гидродинамика процесса вытеснения оторочкой мицеллярного раствора различных типов оставшейся после обычного заводнения нефти имеет много общего, хотя некоторые эффекты характерны лишь для определенных видов растворов. Наиболее важным явлением считается то, что поток приближается к условиям фильтрации однородных систем без отрицательного влияния на движение флюидов многочисленных межфазных границ раздела [2].

Проблемам моделирования мицеллярно-полимерного заводнения и их численному исследованию посвящено много работ [1, 3 – 8]. Так, в работе [1] при вытеснении нефти водным раствором ПАВ учитывается массовый обмен между фазами путем использования коэффициентов распределения; поверхностное натяжение зависит от суммарной концентрации ПАВ в смеси, причем существует критическое значение, ниже которого оно не зависит от концентрации ПАВ.

В [3 – 7] описаны общие подходы к математическому моделированию процессов вытеснения нефти различными растворами активной примеси. При этом используются общие принципы механики многофазных, многокомпонентных систем с описанием межфазного (межкомпонентного) обмена [8]. Заметим, что в указанных работах дисперсное состояние флюидов не учитывается.

В данной статье представлена математическая модель многофазной, многокомпонентной фильтрации, описывающая процессы мицеллярно-полимерного заводнения нефтяных пластов с учетом дисперсного состояния флюидов.

Предполагаем фильтрационные потоки двухфазными, содержащими жидкие углеводородную и водную несмешивающиеся фазы. Каждая из фаз может содержать по 4 компоненты (нефть, вода, ПАВ образуют мицеллы и полимер). При заводнении нефтяных месторождений растворами ПАВ обычно используют растворы с небольшой концентрацией реагентов, при этом можно пренебречь их влиянием на плотность фаз. Предполагаем, что фазы и порода, составляющая скелет пористой среды, несжимаемы. В каждой точке пласта установлено локальное термодинамическое равновесие. Предполагается мгновенный характер сорбции, т.е. между адсорбированным веществ-

вом и жидкой смесью имеет место равновесие. Реальное течение в пласте заменяем квазиодномерным течением. Для этого всю область фильтрации условно разделяем на несколько зон, в пределах которых течение считается одномерным. В многорядных и регулярных системах ряды скважин заменяются параллельными галереями, между которыми течение одномерно.

Тогда систему уравнений, описывающих процессы, происходящие в нефтяном пласте при мицеллярно-полимерном заводнении, можно представить в виде

$$A m \frac{\partial s_\alpha}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} v_\alpha = A \sum_{\beta=1}^4 q_{\alpha\beta}, \quad \alpha = 1, 2, \quad (1)$$

$$A \frac{\partial}{\partial t} (m C_{\alpha\beta} + a_{\alpha\beta}) + \frac{\partial}{\partial x} C_{\alpha\beta} v_\alpha = A \frac{\partial}{\partial x} \left(D_{\alpha\beta} s_\alpha \frac{\partial}{\partial x} C_{\alpha\beta} \right) + q_{\alpha\beta}, \quad (2)$$

$$\alpha = 1, 2, \quad \beta = \overline{1, 4},$$

$$\frac{\partial}{\partial x} v = A \sum_{\alpha=1}^2 \sum_{\beta=1}^4 q_{\alpha\beta}, \quad (3)$$

$$v = -\frac{A k k_1}{\mu_1} \varepsilon_1 \left(\frac{\partial}{\partial x} (p_2 + p_k) + \rho_1 g^* \frac{\partial \gamma}{\partial x} \right) - \frac{A k k_2}{\mu_2} \varepsilon_2 \left(\frac{\partial}{\partial x} p_2 + \rho_2 g^* \frac{\partial \gamma}{\partial x} \right),$$

$$v_1 = -\frac{A k k_1}{\mu_1} \varepsilon_1 \left(\frac{\partial}{\partial x} (p_2 + p_k) + \rho_1 g^* \frac{\partial \gamma}{\partial x} \right), \quad v_2 = v - v_1,$$

$$\varepsilon_\alpha = \left\{ \left[1 + \frac{E_\alpha}{1 + \exp[F_\alpha (|v_\alpha| + G_\alpha)]} \right] \right\}^{-1}, \quad \alpha = 1, 2,$$

$$p_k = p_1 - p_2, \quad p_k = \sigma \cos \theta \sqrt{\frac{m}{k}} f, \quad f = \frac{k_2}{k_2 + \mu_2 k_1 / \mu_1},$$

$$\sum_{\beta=1}^4 C_{\alpha\beta} = 1, \quad \sum_{\alpha=1}^2 s_\alpha = 1, \quad a_{\alpha\beta} = \Gamma s_\alpha C_{\alpha\beta}, \quad C_{1\beta} = \lambda_\beta C_{2\beta},$$

где $C_{\alpha\beta}$, $q_{\alpha\beta}$, $D_{\alpha\beta}$ – концентрация, дебит и коэффициент диффузии β -го компонента в α -фазе; s_α – насыщенность порового пространства фазой α ; ρ_α , p_α – плотность и давление в α -фазе; $A=b(x)H(x)$ – поперечное сечение; $b(x)$ – ширина; $H(x)$ – мощность нефтяного пласта; g^* – ускорение силы тяжести; k – абсолютная проницаемость; m – пористость; k_α – относительная проницаемость в α -фазе; μ_α – вязкость α -фазы; K_β – коэффициент распределения β -го компонента между фазами; Γ – коэффициент Генри; γ – наклон пласта относительно горизонтали; θ – краевой угол смачивания; σ – поверхностное натяжение; E_α , F_α , G_α – константы, характеризующие степень дисперсности α -фазы. Здесь и далее индекс α выделяет фазу: $\alpha=1$ обозначает углеводородную фазу, $\alpha=2$ – водную, индекс β указывает номер компонента: $\beta=1$ обозначает нефть, $\beta=2$ – воду, $\beta=3$ – ПАВ, $\beta=4$ – полимер.

Относительные фазовые проницаемости аппроксимированы следующими выражениями:

$$k_1 = \begin{cases} (1 - C_{13}) \left(\frac{s_1 - 0.4}{0.4} \right)^{1.5} + C_{13} \left(\frac{s_1}{0.8} \right)^{1.5}, & 0.4 \leq s_1 \leq 0.8, \\ C_{13} \left(\frac{s_1}{0.8} \right)^{1.5}, & 0 \leq s_1 \leq 0.4, \end{cases} \quad (4)$$

$$k_2 = \left(\frac{s_1}{0.8} \right)^{3.75}. \quad (5)$$

Зависимость вязкости от концентраций представим в виде

$$\mu_1 = (1 - C_{13})\mu_1^0 + C_{13}\mu_3^0, \mu_2 = (1 - C_{24})\mu_2^0 + C_{24}\mu_4^0. \quad (6)$$

В качестве начальных условий задаются распределения давления и осредненных по мощности насыщенности массовых концентраций в начальный момент времени:

$$p_\alpha(x, 0) = \bar{p}_\alpha(x), s_\alpha(x, 0) = \bar{s}_\alpha(x), C_{\alpha\beta}(x, 0) = \bar{C}_{\alpha\beta}(x), \alpha = 1, 2, \beta = 1, 4. \quad (7)$$

В качестве граничных условий задаются условия на скважинах и внешних границах области течения.

На эксплуатационных скважинах задается давление

$$p_\alpha(x) = \bar{p}_\alpha(x), \alpha = 1, 2. \quad (8)$$

На нагнетательных скважинах задаются расходы воды и нефти, насыщенности и концентрации:

$$q_\alpha(x, t) = \bar{q}_\alpha(t), s_\alpha(x, t) = \bar{s}_\alpha(t), C_{\alpha\beta}(0, t) = \bar{C}_{\alpha\beta}(t). \quad (9)$$

Внешние границы области течения не проницаемы:

$$q_\alpha(0, t) = 0, q_\alpha(L, t) = 0, \alpha = 1, 2. \quad (10)$$

В результате получим замкнутую систему уравнений (1) – (10), описывающих процессы, происходящие в нефтяном пласте при мицеллярно-полимерном заводнении. Для ее решения используется метод “крупных частиц” [9].

С целью оценки степени влияния различных факторов на процесс воздействия мицеллярно-полимерными растворами на нефтяной пласт проведены вычислительные эксперименты для расчетного элемента в форме прямого параллелепипеда с одним эксплуатационным и одним нагнетательным рядами скважин. Координаты нагнетательного ряда – $x=0$, эксплуатационного ряда – $x=L$. Используется раствор типа растворимой нефти, т.е. мицеллярный раствор растворяет нефть, но не воду. Мицеллярный раствор практически полностью вытесняет пластовую нефть из пористой среды.

Исходные значения параметров следующие:

$m=0.25$; $K=0.5$ мкм²; $H=15$ м; $b=400$ м; $L=50$ м; $D_{13}=0.001$; $D_{23}=0.001$; $D_{24}=0.001$; $\Gamma=1$; $\sigma=0.126$; $E_1=F_1=E_2=F_2=1$; $G_1=0.00002$; $G_2=0.075$; $\rho_1=870$ кг/м³; $\rho_2=1000$ кг/м³; $\mu_1^0=0.02$ Па·с; $\mu_2^0=0.0122$ Па·с; $\mu_3^0=0.02$ Па·с; $\mu_4^0=0.0122$ Па·с; $\lambda_1=\lambda_2=\lambda_4=0$, $\lambda_3=1$; $\bar{s}_1=0.8$; $\bar{C}_{11}=1$; $\bar{C}_{22}=1$; $\bar{p}_1=\bar{p}_2=1$ МПа; $\bar{q}_2=1244.16$ м³/сут; $\bar{q}_1=0$; $\bar{s}_1=0$; $\bar{C}_{24}=0.05$; $\bar{C}_{23}=0.05$; $\bar{C}_{22}=0.8$; $\bar{C}_{21}=0.1$; $\bar{p}_1=\bar{p}_2=1$ МПа.

Объем оторочек: мицеллярного раствора – 0.2 объема пор, полимерного раствора – 0.6 объема пор.

С целью исследования влияния различных факторов проведены вычислительные эксперименты для следующих режимов воздействия растворами полимеров на нефтяной пласт.

1. Мицеллярно-полимерное заводнение оторочками мицеллярного и полимерного растворов без учета и с учетом дисперсного состояния жидкостей.

2. Мицеллярно-полимерное заводнение при непрерывной закачке мицеллярно-полимерного растворов с учетом дисперсного состояния жидкостей.

Особенность режима заводнения 1 заключается в том, что мицеллярная оторочка, продвигаясь от нагнетательной к добывающей скважине, постепенно растворяется в нефти, причем передний фронт полимерного раствора со временем отстает от заднего фронта мицеллярной оторочки, т.е. возникает эффект образования “языка” (рис. 1, б).

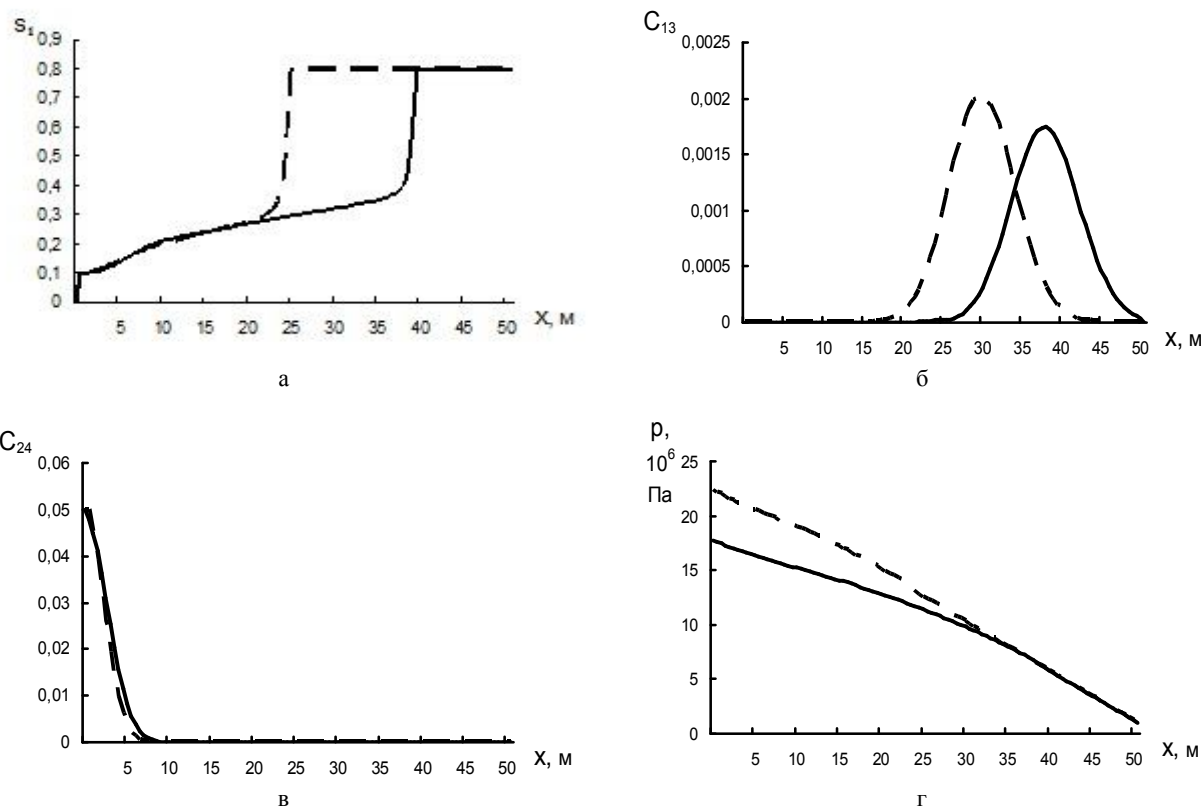


Рис. 1. Влияние дисперсного состояния жидкостей на нефтенасыщенность (а); концентрацию мицеллярного раствора (б); концентрацию полимерного раствора (в); давление (г); $t=20$ сут. Сплошная линия соответствует мицеллярно-полимерному заводнению без учета дисперсного состояния жидкостей, пунктирная – с учетом дисперсного состояния жидкостей

Сравнение показателей свидетельствует о том, что неучет дисперсного состояния жидкостей приводит к завышению показателей разработки месторождения: нефтенасыщенности (рис. 1, а); концентрации мицеллярного раствора (рис. 1, б); концентрации полимерного раствора (рис. 1, в); давления (рис. 1, г); коэффициента нефтеотдачи (рис. 2).

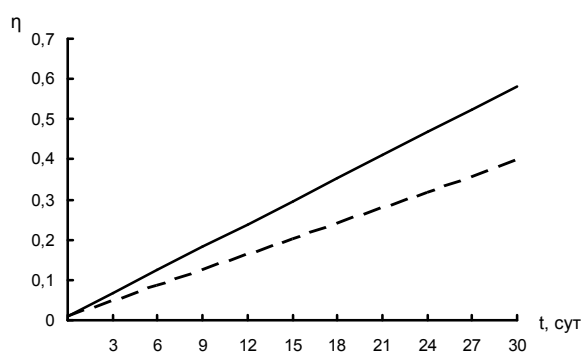


Рис. 2. Влияние дисперсного состояния жидкостей на коэффициент нефтеотдачи при $t=20$ сут. Сплошная линия соответствует мицеллярно-полимерному заводнению без учета дисперсного состояния жидкостей, пунктирная – с учетом дисперсного состояния жидкостей

Практически при одной и той же конечной нефтеотдаче (задача 1 – 0.39658, задача 2 – 0.39656) объем закаченного мицеллярного раствора в 3.2 раза (см. рис. 1, в; 3, б) и раствора полимера (рис. 1, б; рис. 3, а) в 1.13 раза меньше при использовании оторочек мицеллярного и полимерного растворов. Распределение концентраций мицеллярного раствора существенно различает-

ся (см. рис. 1, в; 3, б). При использовании оторочек мицеллярный раствор продвигается намного дальше (см. рис. 3, б), что благоприятно сказывается на полноте вытеснения нефти.

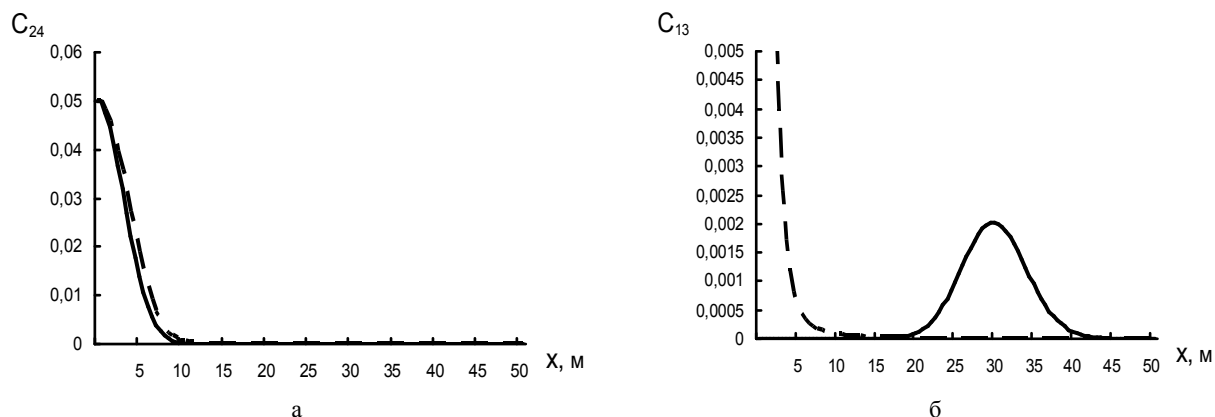


Рис. 3. Влияние режимов заводнения на концентрацию полимера (а); концентрацию мицелл (б); $t=20$ сут. Сплошная линия соответствует мицеллярно-полимерному заводнению с созданием оторочек, пунктирная – без создания оторочек

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют о том, что вытеснение нефти оторочкой мицеллярно-полимерного раствора обеспечивает высокий эффект извлечения нефти, а неучет дисперсного состояния жидкостей приводит к завышению показателей разработки месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. М.: Недра, 1985. – 308 с.
- [2] Абасов М.Т., Борисов Ю.П., Саттаров М.М., Желтов Ю.П. Оценка эффективности использования водных растворов ОП-10 для повышения нефтеотдачи пластов // Вестник АН СССР. 1984. № 10. С. 115 – 126.
- [3] Физическое и математическое моделирование механизмов нефтегазоотдачи // Под ред. Желтова Ю.П. М.: Недра, 1981. – 100 с.
- [4] Сургучев М.Л., Шевцов В.А., Сурина В.В. Применение мицеллярных растворов для увеличения нефтеотдачи пластов. М.: Недра, 1977. – 176 с.
- [5] Бабалян Г.А., Леви Б.И., Тумасян А.Б., Халимов Э.М. Разработка нефтяных месторождений с применением поверхностно-активных веществ. М.: Недра, 1983. – 216 с.
- [6] Григорашенко Г.И., Зайцев Ю.В., Кукин В.В. и др. Применение полимеров в добыче нефти. М.: Недра, 1978. – 213 с.
- [7] Халимов Э.М., Леви Б.И., Дзюба В.И., Пономарев С.А. Технология повышения нефтеотдачи пластов. М.: Недра, 1984. – 271 с.
- [8] Нигматуллин Р.И. Динамика многофазных сред. Ч.1. М.: Наука, 1987. – 464 с.
- [9] Белоцерковский О.М., Давыдов Ю.М. Метод крупных частиц в газовой динамике. М.: Наука, 1982. – 392 с.

Самаркандский государственный университет
им. Алишера Навои

Дата поступления
15.09.2015

В.Ф. Бурнашев, Б.Х. Хўжаёров. Нефт қатламига мицелляр - полимер эритмалар ҳайдашни математик моделилатириши

Суюқликларнинг дисперс ҳолатини ҳисобга олиб ишда нефт қатламларига мицелляр-полимер эритмаларни ҳайдашнинг икки фазаи, тўрт компонентли математик модели келтирилган. Сонли тажрибалар натижалари асосида турли омилларнинг нефтни мицелляр-полимер эритмалар билан сиқши кўрсаткичларига таъсири турли режимларда ўрганилган.

V.F. Burnashev, B.Kh. Khuzhayorov. Mathematical modelling of micellar-polymeric flooding of an oil bed

In the work a two-phase, four-componental mathematical model of micellar-polymeric flooding of an oil bed with taking into account disperse conditions of fluids is presented. On the basis of numerical experiments influence of various factors on oil displacement by micellar-polymeric solutions is estimated for various regimes.

**ОСАЖДЕНИЕ НЕОДНОРОДНЫХ ПО КРУПНОСТИ НАНОСОВ ПРИ ДЕЙСТВИИ
ВЕТРОВЫХ ВОЛН**

При проектировании водохранилищ производится вычисление параметров на основании анализа волнообразующих факторов: скорости ветра, продолжительности его действия, разгона волн и глубин водоема. Скорость ветра и продолжительность его действия для разных направлений определяются путем статистической обработки данных наблюдений ближайших гидрометеорологических станций. Предпочтительны данные станций, расположенных на низких берегах или островах [1 – 3].

Теоретические разработки по определению закономерности осадений наносов разных диаметров при действии ветровых волн изучены в недостаточной степени.

1. Рассмотрим осаднение неоднородных частиц без учёта сил ветровых волн [4 – 6]. Тогда сила взаимодействия характеризует сопротивление воды оседающим частицам. Однородные по размерам и плотности частицы, очень хорошо перемешанные в жидкости (воде), начинают оседать с некоторого момента $t=0$. Ввиду незначительности поперечной скорости движения жидкости по сравнению со скоростью оседающих частиц ею можно пренебречь. При осаднении частиц произвольного радиуса $\bar{a}$ уравнение одномерного движения частиц в жидкости примет вид

$$\rho_{2i} \left(\frac{\partial g_2}{\partial t} + g_2 \frac{\partial g_2}{\partial y} \right) \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} = - \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} \frac{\partial (p + \gamma_2 h)}{\partial y} + K(g_1 - g_2), \quad (1)$$

а уравнение неразрывности для однородных по размерам и плотности частиц – как [6]:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\rho_{2i} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho_{2i} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} g_2 \right) = 0. \quad (2)$$

Уравнение движения воды при взаимодействии частиц примет вид

$$\rho_{1i} f_1 \left(\frac{\partial g_1}{\partial t} + g_1 \frac{\partial g_1}{\partial y} \right) = - f_1 \frac{\partial (p + \gamma_1 h)}{\partial y} + \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K(\bar{a})(g_2 - g_1) d\bar{a}, \quad (3)$$

а уравнение неразрывности для воды –

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho_{1i} f_1) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho_{1i} f_1 g_1) = 0, \quad (4)$$

Интегрируя уравнения (1) и (2) по $\bar{a}$ (от $\bar{a}_1$ до $\bar{a}_2$), получим общие уравнения, осредненные по радиусу частиц всех фракций:

$$\left. \begin{aligned} \rho_{2i} \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} \left(\frac{\partial g_2}{\partial t} + g_2 \frac{\partial g_2}{\partial y} \right) d\bar{a} &= \frac{\partial (p + \gamma_2 h)}{\partial y} \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} d\bar{a} + \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K(\bar{a})(g_1 - g_2) d\bar{a} \\ \frac{\partial}{\partial t} \left(\rho_{2i} \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} d\bar{a} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\rho_{2i} \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} g_2 d\bar{a} \right) &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Когда $\bar{a}_1 = \bar{a}_2$ (частицы однородны, т.е. скорость частицы и коэффициент взаимодействия не являются функциями $\bar{a}$), задача сводится к уравнениям для однородных частиц (рис. 1).

Перейдем к решению исходной задачи, т. е. к осаждению неоднородных частиц в жидкости (рис. 2).

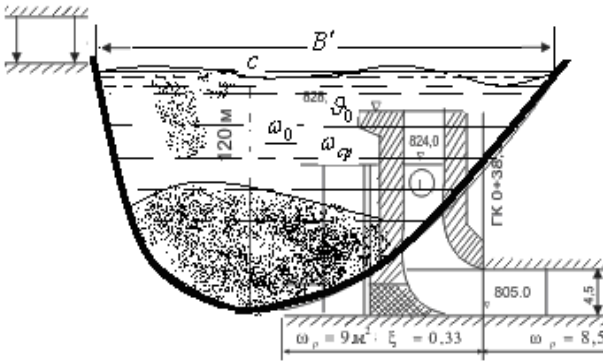


Рис. 1. Осаждение однородных наносов

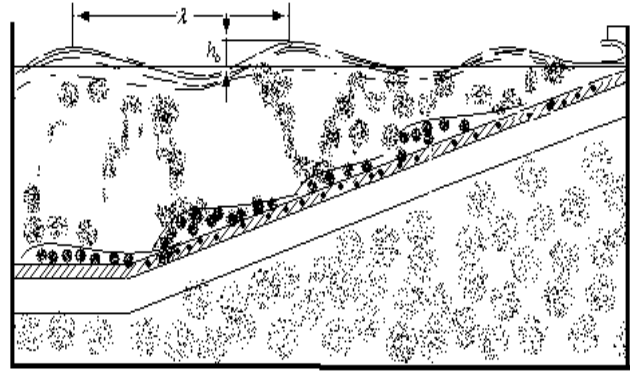


Рис. 2. Осаждение неоднородных частиц при действии ветровых волн

Уравнения (1), (2) и (5) при допущениях, аналогичных сделанным в работе [6], примут вид

$$\left. \begin{aligned} \rho_{2i} \psi(\bar{a}) \left(\frac{\partial \vartheta_2}{\partial t} + \vartheta_2 \frac{\partial \vartheta_2}{\partial x} \right) &= -\psi(\bar{a}) \frac{\partial (p + \gamma_2 h)}{\partial y} - K(\bar{a}) \vartheta_2 \\ 0 &= -f_1 \frac{\partial (p + \gamma_2 h)}{\partial y} + \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K(\bar{a}) \vartheta_2 d\bar{a} \\ \frac{\partial}{\partial t} (\psi(\bar{a})) + \frac{\partial}{\partial y} (\psi(\bar{a}) \vartheta_2) &= 0, f_1 + \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \psi(\bar{a}) d\bar{a} = 1 \end{aligned} \right\}. \quad (6)$$

Из второго уравнения системы (6) находим следующую формулу для перепада давлений:

$$\frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K(\bar{a}) \vartheta_2 d\bar{a}}{1 - \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \psi(\bar{a}) d\bar{a}} + \rho_{li} g.$$

Подставляя последнее в первое уравнение системы (6), получим

$$\left. \begin{aligned} \psi(\bar{a}) \left(\frac{\partial \vartheta_2}{\partial t} + \vartheta_2 \frac{\partial \vartheta_2}{\partial x} \right) &= \frac{K \vartheta_2}{\rho_{2i}} - \frac{1}{\rho_{2i}} \frac{\int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K \vartheta_2 d\bar{a}}{1 - \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \psi(\bar{a}) d\bar{a}} - \frac{\rho_{2i} - \rho_{li}}{\rho_{2i}} \psi(\bar{a}) g \\ \frac{\partial \psi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} (\psi(\bar{a}) \vartheta_2) &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Линеаризуя систему (7) по формулам возмущений

$$\vartheta_2 = \vartheta', \psi = \psi_0 + \psi',$$

где ϑ', ψ' — малые величины, получим

$$\psi_0 \frac{\partial \mathcal{G}'}{\partial t} = - \left(K + \frac{\int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K \psi_0 d\bar{a}}{1 - \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \psi d\bar{a}} \right) \frac{\mathcal{G}'}{\rho_{2i}} + \frac{\rho_{2i} - \rho_{1i}}{\rho_{2i}} (\psi_0 - \psi') g.$$

Исключая из этой системы $\mathcal{G}'$, имеем

$$\frac{\partial \psi'}{\partial y} = b_3 \frac{\partial^2 \psi'}{\partial t^2} - b_4 \frac{\partial \psi'}{\partial t}, \quad (8)$$

где

$$b_3 = \frac{\rho_{2i} g}{(\rho_{2i} - \rho_{1i})}, \quad b_4 = \frac{K(\bar{a})(1 - \psi_0) + \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K(\bar{a}) \psi_0 d\bar{a}}{\psi_0 (1 - \psi_0) (\rho_{2i} - \rho_{1i}) g}.$$

Граничными и начальными условиями для уравнения (8), т.е. для движения неоднородных частиц, служат условия

$$\left. \begin{aligned} \psi' &= 0 \quad \text{при } t = 0, (y > 0) \\ \psi' &= -\psi_0 \quad \text{при } t = \infty, (y > 0) \end{aligned} \right\},$$

$$\psi' = -\psi_0, \quad \text{при } y = 0, (t > 0).$$

Интегрируя, получим

$$\psi' = -\frac{\psi_0 e^{\alpha_{11}t + \alpha_{21}y}}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{y}} \left(e^{-\frac{(t-\bar{\tau})^2}{4y}} - e^{-\frac{(1+\bar{\tau})^2}{4y}} \right) e^{\alpha_{11}\sqrt{\bar{\tau}}} d\bar{\tau}.$$

Таким образом, для изменения концентрации частиц произвольного размера имеем следующее выражение:

$$\frac{\left(\frac{\partial f}{\partial \bar{a}} \right)}{\left(\frac{\partial f}{\partial \bar{a}} \right)_0} = 1 - \frac{e^{\alpha_{11}t + \alpha_{21}y}}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{y}} \left(e^{-\frac{(t-\bar{\tau})^2}{4y}} - e^{-\frac{(1+\bar{\tau})^2}{4y}} \right) e^{\alpha_{11}\sqrt{\bar{\tau}}} d\bar{\tau}. \quad (9)$$

Уравнение (9) описывает изменение концентрации частиц по толщине смеси, позволяя исследовать закон оседания разнородных частиц в жидкости, а уравнения (4) и (5) – изменения жидкой фазы в руслах.

2. Как отмечалось, определение твердого стока и исследование функций концентрации оседающих частиц f_2 и скорость оседания $\mathcal{G}$ играют существенную роль в расчетах отстойников и водохранилищ. При этом в указанных функциях большое значение имеют скорость потока и гидравлический уклон, во многих задачах иногда приходится учитывать величину сил ветровых волн (рис. 3). Как известно, ветровые волны бывают регулярными и не регулярными [6 – 8]. Силы ветровых волн определяются волновыми числами, амплитудами и колебаниями волн [9].

С целью установления закономерности осаждения наносов разного размера и плотности в третьем уравнении системы (6), т.е. в уравнении установившегося движения открытых потоков, к инерции силы тяжести g прибавим c – скорость распространения ветра. Тогда получим систему уравнений вида

$$\left\{ \begin{aligned} & \left(\rho_1 + \rho_{2i} \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} d\bar{a} \right) \left(u \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \rho_{2i} \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} g \frac{\partial u}{\partial y} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} d\bar{a} = \gamma_{cm} \frac{\partial h}{\partial x} + R_x + \left(\rho_1 + \rho_{2i} \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} d\bar{a} \right) (g \pm c) \sin \alpha, \\ & \rho_{2i} \left(\frac{\partial g}{\partial t} + u \frac{\partial g}{\partial x} + g \frac{\partial g}{\partial y} \right) = - \left(f_1 g K + \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K(\bar{a}) g d\bar{a} \right) / \left(1 - \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} d\bar{a} \right) \frac{\partial f_2}{\partial \bar{a}} + (\rho_{2i} - \rho_{li}) (g \pm c) \cos \alpha \end{aligned} \right\}. \quad (10)$$

Скорость распространения для положительной волны в покоящей жидкости, т.е. когда $g_0=0$, для русла с сечением произвольной формы имеет вид [9]

$$c = \sqrt{g \frac{\omega_0}{B'} \left(1 + \frac{3}{2} \frac{B'}{\omega_{cp}} \varsigma + \frac{1}{2} \frac{B'^2}{\omega_0^2} \varsigma^2 \right)} + g_0.$$

Знак плюс берется для прямой волны, знак минус – для обратной волны (рис. 1, 2).

Скорость распространения для отрицательной волны в покоящей жидкости для русла с сечением произвольной формы имеет вид

$$c = \sqrt{g \frac{\omega_0}{B'} \left(1 - \frac{3}{2} \frac{B'}{\omega_{cp}} \varsigma \right)} \pm g_0.$$

Таким образом, с увеличением скорости потока повышается концентрация частиц, и, наоборот, происходит обоюдное их уменьшение [3, 8]. Следовательно, учет однородности частиц в параметрах движения дает возможность изучить последовательность осаждения частиц по фракциям при воздействии ветра. Рассмотрим задачи изменения концентрации частиц по вертикали и во времени для промышленных отстойников [1, 2]. Линеаризуя систему (10) по формулам

$$g_2 = g', \quad \psi = \psi_0 + \psi',$$

где $g'\psi'$ – малые величины, с учётом действий ветровых волн получим

$$\psi_0 \frac{\partial g'}{\partial t} = - \left(K + \frac{\int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K \psi_0 d\bar{a}}{1 - \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} \psi d\bar{a}} \right) \frac{g'}{\rho_{2i}} + \frac{\rho_{2i} - \rho_{li}}{\rho_{2i}} (\psi_0 - \psi') (g \pm c).$$

Исключая из этой системы g' , имеем

$$\frac{\partial \psi'}{\partial y} = b_3 \frac{\partial^2 \psi'}{\partial t^2} - b_4 \frac{\partial \psi'}{\partial t}, \quad (11)$$

где

$$b_3 = \frac{\rho_{2i} (g \pm c)}{(\rho_{2i} - \rho_{li})}, \quad b_4 = \frac{K(\bar{a})(1 - \psi_0) + \int_{\bar{a}_1}^{\bar{a}_2} K(\bar{a}) \psi_0 d\bar{a}}{\psi_0 (1 - \psi_0) (\rho_{2i} - \rho_{li}) (g \pm c)},$$

$$\psi' = - \frac{\psi_0 e^{\alpha_{11}t + \alpha_{21}y}}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{y}} \left(e^{-\frac{(t-\bar{\tau})^2}{4y}} - e^{-\frac{(t+\bar{\tau})^2}{4y}} \right) e^{\alpha_{11}\sqrt{\bar{\tau}}} d\bar{\tau}.$$

Таким образом, для изменения концентрации частиц произвольного размера имеем

$$\frac{\left(\frac{\partial f}{\partial \bar{a}}\right)}{\left(\frac{\partial f}{\partial \bar{a}}\right)_0} = 1 - \frac{e^{\alpha_{11}t + \alpha_{21}y}}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{y}} \left(e^{-\frac{(t-\bar{\tau})^2}{4y}} - e^{-\frac{(1+\bar{\tau})^2}{4y}} \right) e^{\alpha_{11}\sqrt{\bar{\tau}}} d\bar{\tau}. \quad (12)$$

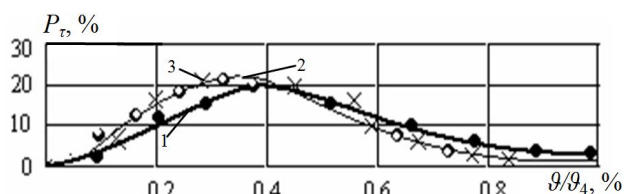


Рис. 3. Зависимость энергии волн от скорости ветра с учетом кривых распределения высот волн и скоростей ветра в водохранилищах: 1 – Ташкентском; 2 – Чардарьинском; 3 – Бугунском водохранилищах

Уравнение (12) описывает изменение концентрации частиц по толщине смеси и позволяет исследовать закон оседания разнородных частиц в жидкости и зависимости энергии волн от скорости ветра и высоты волн (рис. 3), а уравнения (4) и (5) – изменения жидкой фазы в руслах.

Изменение концентрации при действии ветровых волн примет вид

$$\frac{\left(\frac{\partial f}{\partial \bar{a}}\right)}{\left(\frac{\partial f}{\partial \bar{a}}\right)_0} = 1 - \frac{e^{\alpha_{11}t + \alpha_{21}y}}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{y}} \left(e^{-\frac{(t-\bar{\tau})^2}{4y}} - e^{-\frac{(1+\bar{\tau})^2}{4y}} \right) e^{\alpha_{11}\sqrt{\bar{\tau}}} d\bar{\tau}$$

Таким образом, определение твердого стока, исследование функций концентрации оседающих частиц f_2 и скорость оседания ϑ играют существенную роль в расчетах отстойников и водохранилищ. При этом в указанных функциях большое значение имеют скорость потока, гидравлический уклон и амплитуда ветровых волн. Движение ветровых волн на поверхности водоема незначительно влияет на перемещение массы воды. Масса жидкости, оставаясь примерно на том же месте, совершает своими частицами у свободной поверхности сложные колебания по высоте, быстро затухающие с увеличением глубины расположения самих частиц, но имеет влияние на совокупление твердого стока.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Викулина З. А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза. Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 173 с.
- [2] Гончаров В. Н. Динамика русловых потоков. Л.: Гидрометеиздат, 1962. – 374 с.
- [3] Указания по расчету заилиния водохранилищ при строительстве и проектировании. Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 56с.
- [4] Караушев А. В. Проблемы динамики естественных водных потоков. Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 392 с.
- [5] Кондратьев Н. Е. Расчеты береговых переформирований на водохранилищах. Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 64 с.
- [6] Латипов К. Ш. О русловых потоках с переменным расходом вдоль пути. Ташкент: Фан, 1979. – 192 с.
- [7] Нежиховский Р. А. Гидрологические расчеты и прогнозы при эксплуатации водохранилищ. Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 191 с.
- [8] Худайкулов С. И., Фатхуллаев А. М., Нишонов Ф. Х. Расчет параметров потока в горизонтальном дренаже с переменным расходом вдоль пути // Проблемы механики. 2015. №1. С. 90 – 95.
- [9] Справочник по гидравлическим расчётам / Под ред. Киселева П. Г. М.: Энергия, 1974. – 313 с.

Научно-исследовательский институт
иригации и водных проблем при ТИИМ

Дата поступления
03.09.2015

Ф.А. Гаппаров, Д.С. Аджимуратов, С.И. Худайкулов, И.К. Арипов, Р.А. Эрманов, А. Абиров. Бир жинсли бўлмаган катталарнинг ҳўкиишга шамол тўлқинлари таъсири

Мақолада сув билан бирга ҳаракатланаётган бир жинсли бўлмаган зарраларнинг фракциялари бўйича ҳўкиишга шамол тўлқинларини таъсири этииши қаралиб, аралашма концентрациясининг ўзгариши ўрганилади.

F.A. Gapparov, D.S. Adjimuratov, S.I. Hudayqulov, I.K. Aripov, R.A. Ermatov, A. Abirov. Sedimentation non-uniform on are large deposits in at action of wind waves

This paper studies change of parameters of movement at sedimentation of non-uniform particles which studying change of concentration of a mix is the basis at consecutive sedimentation of particles on fractions at wind influence is considered.

РЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТРУКТУРНО-ГЕТЕРОГЕННОЙ КРОВИ

В гомогенных смесях каждая компонента может рассматриваться, как занимающая весь объем смеси равноправно с другими компонентами, т.е. $V_1=V_2=\dots=V_m=V$. В отличие от этого каждая фаза занимает лишь часть объема смеси, поэтому $V_1+V_2+\dots+V_m=V$. В связи с этим в теории гетерогенных смесей необходимо использовать величины $f_i (i=1, 2, \dots, m)$, характеризующие доли объема смеси, занимаемые каждой фазой $f_1+f_2+\dots+f_m=1$. Поэтому, помимо приведенных плотностей ρ_i , определяются истинные плотности фаз ρ_i^0 по формуле

$$\rho_i^0 = \frac{\rho_i}{f_i}, (i = 1, 2, \dots, m).$$

В общем случае применяется многоскоростная (или многожидкостная) модель с учётом динамических эффектов из-за несовпадения скоростей их составляющих, при этом температура принята во всех случаях постоянной. Скорости относительного движения фаз w_i по порядку могут быть равны скоростям их абсолютного движения ϑ_i или среднемассовой скорости смеси ϑ . Многоскоростной континуум представляет собой совокупности m континуумов, каждый из которых относится к своей составляющей (фазе или компоненту) смеси и заполняет один и тот же объём, занятый смесью. Для каждой из этих составляющих континуумов обычным образом определяются плотность (приведённая) ρ_i (масса i -й составляющей в единице объёма среды), скорость $\vartheta_i (i=1, \dots, m)$, а затем и другие параметры, относящиеся к смеси. Таким образом, в каждой точке объёма, занятой смесью, будут определены m плотности ρ_i и m скоростей ϑ_i и т.д. Кроме того, исходя из этих величин, можно определить параметры, характеризующие смесь в целом, а именно: плотность смеси ρ и среднемассовую (барицентрическую) скорость смеси [1]:

$$\rho = \sum_{i=1}^m \rho_i. \quad (1)$$

Здесь ρ_i – приведённые плотности,

$$\rho \vartheta = \sum_{i=1}^m \rho_i \vartheta_i. \quad (2)$$

Иногда удобно пользоваться скоростями движения составляющих относительно центра масс смеси или среды в целом

$$w_i = \vartheta_i - \vartheta. \quad (3)$$

Умножая обе стороны формулы (3) на ρ_i и суммируя их, получим

$$\sum_{i=1}^m \rho_i w_i = 0. \quad (4)$$

Здесь ограничимся описанием модели смеси в гетерогенной структуре. Поэтому определим связь между напряжением и скоростью деформации смеси для каждой среды, а также справедливо обобщённую дифференциальную связь между компонентами напряжения и скоростями движения частиц жидкости. Однако при выражении такой смеси необходимо учитывать пористость, как и для вывода уравнения, основанного на физических законах сохранения массы, импульса и энергии, в некотором фиксированном пространстве объёма смеси V , ограниченном поверхностью S , учитывая при этом обмен (взаимодействие) массой, импульсом между составляющими внутри объёма V .

Уравнение масс имеет вид

$$\int_V \frac{\partial \rho_i}{\partial t} dV = - \int_S \rho_i \vartheta_i^n dS = \int_V \sum_{i=1}^m J_{j,i} dV, \quad (5)$$

где n – индекс, соответствующий проекции вектора или тензора, на внешнюю нормаль и поверх-

ность s ; $J_{j,i}$ – показатель, характеризующий интенсивность перехода массы из i -й в j -ю составляющую (или, наоборот, из j -й в i -ю, тогда $J_{j,i} < 0$) в единицу объёма смеси и в единицу времени. Из законов сохранения массы при различных физико-химических превращениях имеем, формально введя для сокращения в записи величины,

$$J_{j,i} = -J_{i,j}, \quad J_{ii} = 0. \quad (6)$$

Применяя в формуле (5) теорему Гаусса-Остроградского и учитывая непрерывность движения, получим дифференциальное уравнение массы каждой составляющей

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \nabla(\rho_i g_i) = \sum_{j=1}^m J_{j,i}, \quad (i = 1, \dots, m), \quad (7)$$

которое с учетом (1) и (2), где вводится скорость смеси g и относительные скорости составляющих w_i , можно записать в виде

$$\frac{\partial \rho_i}{\partial t} + \nabla(\rho_i(g + w_i)) = \sum_{j=1}^m J_{j,i}, \quad (i = 1, \dots, m). \quad (8)$$

Если просуммировать (8) или (7) по i , учитывая (3) или (6), получим уравнение сохранения массы (неразрывности) смеси в целом, имеющее обычный вид, как односкоростной случай:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho g) = 0, \quad (9)$$

т.е. уравнение неразрывности смеси в целом. Уравнение импульсов или сохранения количества движений каждой составляющей можно представить в виде

$$\int_V \frac{\partial \rho_i g_i}{\partial t} dV = - \int_S \rho_i g_i g_i^n dS + \int_S \sigma_i^n dS + \int_V \rho_i g_i dV + \int_V \sum_{j=1, j \neq i}^m P_{j,i} dV, \quad (i = 1, \dots, m), \quad (10)$$

где первое слагаемое правой части соответствует притоку импульса i -й, составляющей через поверхность S . Второе и третье слагаемые воздействия внешних поверхностных и массовых сил, приходящихся на i -ю составляющую и характеризуются тензором σ_i^{kl} и вектором g_i наконец, $P_{j,i}$, представляют интенсивность обмена импульса между j и i -й составляющими. Из закона сохранения импульса при различных взаимодействиях, аналогично (10), получим

$$P_{j,i} = -P_{i,j}, \quad P_{ii} = 0. \quad (11)$$

Интегральным соотношениям (10) после применения формулы Гаусса-Остроградского соответствуют дифференциальные уравнения импульса каждой составляющей:

$$\frac{\partial \rho_i g_i}{\partial t} + \nabla^k \rho_i g_i g_i^k = \nabla^k \sigma_i^k + \rho_i g_i + \sum_{j=1}^m P_{j,i}, \quad (i = 1, \dots, m) \quad (12)$$

с учётом (4), (7) и (1) при

$$\sigma = \sum_{i=1}^m \sigma_i, \quad \rho g = \sum_{i=1}^m \rho_i g_i. \quad (13)$$

Суммируя (12) по i с учётом (3) и (13), получим следующее уравнение импульсов среды в целом:

$$\rho \frac{\partial g}{\partial t} = \nabla^k \sigma^k + \rho g - \sum_{i=1}^m \nabla^k (\rho_i w_i^k w_i). \quad (14)$$

Уравнение (14) в отличие от уравнения неразрывности (9) зависит от относительного движения составляющих. Проанализируем особенности гетерогенных теорий применительно к движению крови. Рассмотрим кровь, как двухфазную среду, состоящую из плазмы и частицы форменных элементов (эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов). Составляются дифференциальные уравнения гетерогенной крови, где учитывается ряд взаимодействующих сил. В [2,3] исследуется

групповое осаждение частиц, в частности, эритроцитов, в двухфазной среде (в плазме) как в теоретическом, так и экспериментальном плане. Учитывается стесненность частицы и их вращения, и влияние стенки на групповые осаждения частицы. Проведённые экспериментальные и теоретические исследования указывают на существенные различия кривых оседаний в начальный и последующий момент времени. Экспериментальные и теоретические кривые оседания частиц при различных значениях коэффициента K хорошо согласуются между собой. При этом учет влияния стенки усиливает эффект осаждения частиц. Другие силы, сила Магнуса и сила, связанная с ускорением движений частиц относительно жидкой фазы, мало влияют на процесс осаждения частиц. Результаты экспериментальных, а также теоретических исследований привели нас к выводу, что поведение кривой скорости осаждения частиц, в частности эритроцитов, зависит от характера и тяжести болезни; фракционные исследования осаждения эритроцитов тоньше отражают состояние организма, чем скорости осаждения эритроцитов. Следует отметить, что состав крови пациента существенно отличается от таковой у здорового человека. Болезнь всегда существенно изменяет состав крови, в частности не только форменные элементы, но и оболочки эритроцитов, в случае чего может возникнуть скопление агрегатов, могущих иметь форму моментного столбика или бесформенных. В связи с этим у пациента скорость оседания эритроцитов за час может дойти до 20 – 30 мм. Поэтому у него коэффициент агрегации K всегда больше, чем у здорового человека.

Кроме того, экспериментальные наблюдения показывают, что при течении крови по трубке у ее стенок возникает тонкий пристенный слой объединения эритроцитов, толщина которого δ лежит в пределах 5 – 40 мкм и зависит от скорости сдвига, деформируемых эритроцитов и существования эритроцитарных агрегатов. Подобное явление также отмечается при осаждении эритроцитов в капиллярных трубках. В связи с этим в теоретических исследованиях учтено влияние стенки, как граничные условия в стенках трубки или капилляра. Анализируя экспериментальные и теоретические исследования, отметим, что сдвиг кривого оседания эритроцитов влево (т.е. наиболее интенсивное оседание эритроцитов происходит на 30 – 60 мин) говорит о затухании патологического процесса и наступлении выздоровления. Эти колебания имеют место у одного и того же больного в течение болезни в связи с изменением его состояния. Изменение кривых оседаний эритроцитов – самый ранний признак улучшения или ухудшения состояния больного при отсутствии каких-либо клинических симптомов (температура, морфологические изменения крови и т.п.). СОЭ у больных не является строго специфической реакцией и поэтому не должна оцениваться изолированно от других исследований клинических признаков, так как каждый человек, кроме «основной» болезни, может иметь ряд сопутствующих, поэтому могут быть отклонения как в сторону ухудшения, так и улучшения СОЭ. Поэтому исследования движения крови во многофазной структуре имеет важное значение при определении СОЭ. Учитывая в дифференциальном уравнении (12) жидкую (первую) фазу плазмы и (вторую) фазу частицы (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты и другие форменные элементы), получим следующие дифференциальные уравнения движения крови в двухфазной среде:

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho_1}{\partial t} + \nabla \cdot \rho_1 \mathcal{G}_1 = -J_{12}, & \frac{\partial \rho_2}{\partial t} + \nabla \cdot \rho_2 \mathcal{G}_2 = -J_{12}, & \frac{\partial n_1}{\partial t} + \nabla \cdot n_1 \mathcal{G}_1 = \psi \\ \rho_1 \frac{d_1 \mathcal{G}_1}{dt} = -f_1 \nabla P + \nabla^h \tau_{1*}^{hl} - F_{12} - J_{12}(\mathcal{G}_2 - \mathcal{G}_1) + \rho_1 g_1 \\ \rho_2 \frac{d_2 \mathcal{G}_2}{dt} = -f_2 \nabla P + F_{12} + J_{12}(\mathcal{G}_2 - \mathcal{G}_1) + \rho_2 g_2 \end{cases} \quad (15)$$

Здесь $f_1 + f_2 = 1$, $\rho_1^0 = \frac{\rho_1}{f_1}$, $\rho_2^0 = \frac{\rho_2}{f_2}$, $a^3 = f_2 / \eta n$, $\tau_{1*}^{hl} = \zeta e_1^{mm} \delta^{hl} + 2\mu(e_1^{hl} - \frac{1}{3}e_1^{mm} \delta^{hl})$;

$e_1^{hl} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \mathcal{G}_1^h}{\partial x^l} + \frac{\partial \mathcal{G}_1^l}{\partial x^h} \right)$; δ^{hl} – символ Кронекера; f_1, f_2 – объемная концентрация первой и второй фаз;

ρ_1^0, ρ_2^0 – истинные плотности; ρ_1, ρ_2 – приведённые плотности; $\mathcal{G}_1, \mathcal{G}_2$ – скорости первой и второй фазы; n – число частиц; η – безразмерный коэффициент, определяемый формой частиц ($\eta=4\pi/3$ для

сферических частиц радиуса a); ζ, μ – коэффициенты вязкости, учитывающие свойства несущей среды и включений (форменных элементов).

Полученные формулы для гетерогенных сред или гетерогенной крови содержат несколько коэффициентов, подлежащих определению, в частности коэффициенты взаимодействия между фазами F_{12} , коэффициенты фазового превращения J_{12} и др.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Нигматулин Р. И. Основы механики гетерогенных сред. М.: Наука, 1978. – 336с.
- [2] Наврузов К. Н., Хакбердиев Ж. Б. Динамика неньютоновских жидкостей. Ташкент: Фан, 2000. – 246 с.
- [3] Наврузов К. Н. Биомеханика крупных кровеносных сосудов. Ташкент: Фан ва технология, 2011. – 144 с.

Ургенчский государственный университет

Дата поступления
03.06.2015

К.Н. Наврузов, Ф.Б. Абдикаримов, С.Х. Ражабов. Структурал гетероген қоннинг реологик модели
Мақолада кўп фазали муҳитнинг динамик самараларини ҳисобга олган ҳолда гомоген аралашмадан фарқ қилувчи феноменологик назарияга асосланган умумий гетероген аралашманинг модели тузилган.

K.N. Navruzov, F.B. Abdikarimov, S.H. Rajabov. Rheological model of structural and heterogenic blood
In the article difference from homogeneous mixes in the phenomenological theory heterogeneous mixes are generally described multi-speed (or multifluid) by model taking into account dynamic effects.

УДК 677.21.022.954

О.А. АХУНБАБАЕВ, М.А. ЭРГАШОВ, М.М. АБДУЛЛАЕВ

МЕТОДИКА И АЛГОРИТМ РАСЧЕТА НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ ОСНОВЫ В ОКРЕСТНОСТИ ШЕЛКОТКАЦКОГО СТАНКА

Как известно [1 – 5], в шелкоткацких станках нити основы после скало огибают поверхности первого ценового прутка (ПЦП) сверху или снизу (рис. 1, 2). Рассмотрим задачу установления функциональных зависимостей начальных натяжений участка нитей основы, расположенного между скалом и ПЦП шелкоткацкого станка. Существует множество методов теоретической оценки и экспериментального определения натяжения нитей основы на участке, расположенном между навоем и скало. Поэтому, считая натяжения области, расположенной между навоем и скало, заданными, будем исследовать натяжения участка нитей основы, расположенного между скалом и ПЦП.

Рассмотрим сначала условия равновесия нитей основы, огибающих поверхности ПЦП сверху. Предположим, что под действиями натяжения $K_{0,H}$ и $K_{0,C}^{BEPX}$ на поверхности скало возникают реактивные силы трения $F_{TP}^{(0,C)}$ и давления $Q_{0,C}$ (см. рис. 1). Линия действия равнодействующей реактивной силы давления $Q_{0,C}$ проходит по биссектрисе угла обхвата нитями основы поверхности скало и с горизонтальной осью x образует угол $\beta_{0,C}$. Значения данного угла определяются по следующей формуле:

$$\beta_{0,C} = 0.25\pi + 0.5(\varphi_{0,H} - \varphi_{0,C}). \quad (1)$$

Условия равновесия активных и реактивных сил, действующих на рассматриваемые нити основы, принимают вид [5]:

$$K_{0,C}^{BEPX} \cos \varphi_{0,C} - K_{0,H} \sin \varphi_{0,H} - f Q_{0,C} \sin \beta_{0,C} - Q_{0,C} \cos \beta_{0,C} = 0, \quad (2)$$

$$K_{0,C}^{BEPX} \sin \varphi_{0,C} - K_{0,H} \cos \varphi_{0,H} - f Q_{0,C} \cos \beta_{0,C} + Q_{0,C} \sin \beta_{0,C} = 0, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения.

Уравнения (2) и (3) служат для определения неизвестных сил натяжения $K_{0,C}^{BEPX}$ и реактивной силы давления $Q_{0,C}$. Неизвестная сила трения $F_{TP}^{(0,C)}$ определяется по закону Кулона

$$F_{TP}^{(0,C)} = f Q_{0,C}. \quad (4)$$

Уравнения (2) и (3) имеют следующее решение:

$$K_{0,C}^{BEPX} = \frac{K_{0,H} (\eta_{C,12} \sin \varphi_{0,H} - \eta_{C,11} \cos \varphi_{0,H})}{\eta_{C,12} \cos \varphi_{0,C} - \eta_{C,11} \sin \varphi_{0,C}}, \quad (5)$$

$$Q_{0,C} = \frac{K_{0,H} \cos(\varphi_{0,H} + \varphi_{0,C})}{\eta_{C,11} \sin \varphi_{0,C} - \eta_{C,12} \cos \varphi_{0,C}}, \quad (6)$$

$$\text{где } \eta_{C,11} = \cos \beta_{0,C} + f \sin \beta_{0,C}, \quad \eta_{C,12} = f \cos \beta_{0,C} - \sin \beta_{0,C}.$$

Полученное решение (5) – (6) позволяет установить зависимости условия равновесия нитей основы на поверхности скало от следующих параметров:

1. Угол $\varphi_{0,H}$ зависит от толщины заправки нитей основы на катушке навоя. При полной заправке навоя данный угол принимает максимальное значение $(\varphi_{0,H})_{MAK} = \varphi_{0,H}(ПЗ)$, а в момент окончания нитей основы на катушке навоя – минимальное значение $(\varphi_{0,H})_{MIN} = \varphi_{0,H}(МЗ)$, где $\varphi_{0,H}(ПЗ)$ – значения угла $\varphi_{0,H}$, соответствующие полной заправке данного навоя, $(\varphi_{0,H})_{MIN} = \varphi_{0,H}(МЗ)$ – значения угла $\varphi_{0,H}$, соответствующие минимальной заправке данного навоя. Под минимальной заправкой можно рассматривать, например, случай, когда на поверхности навоя останется последний слой нитей основы. Как известно, на различных станках (или навоях) углы $\varphi_{0,H}(ПЗ)$ и $\varphi_{0,H}(МЗ)$ принимают различные значения. Задавая углу $\varphi_{0,H}$ значения в пределах от $\varphi_{0,H}(ПЗ)$ до $\varphi_{0,H}(МЗ)$ и произведя численно-экспериментальные исследования, можно установить зависимости натяжения $K_{0,H}$ и реактивных сил $Q_{0,C}$, $F_{TP}^{(0,C)}$ от угла $\varphi_{0,H}$, т.е. от толщины заправки нитей основы на поверхности катушки навоя.

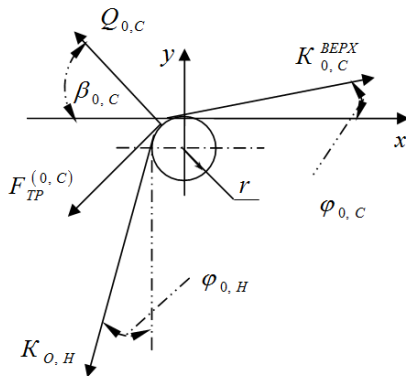


Рис. 1. Равновесия нитей основы, огибающих поверхности ПЦП

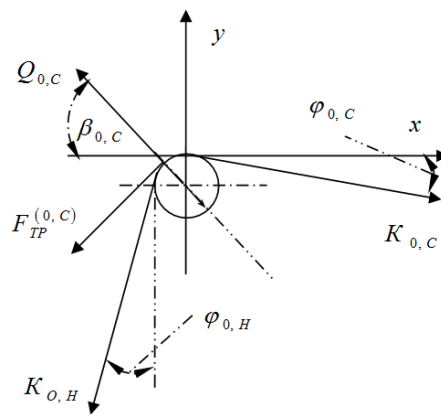


Рис. 2. Равновесия нитей основы, огибающих снизу ПЦП

2. Начальное натяжение $K_{0,H}$ участка нити основы, расположенной между навоем и скало, устанавливается заправщиком данного ткацкого станка в зависимости от постановки технологической или производственной задачи. Согласно принятой здесь постановке задачи, предполагается, что значение натяжения $K_{0,H}$ задается из эксперимента. При этом решение (5), (6) и выражение (4) позволяют установить зависимости натяжения $K_{0,C}^{BEPX}$ и реактивных сил $Q_{0,C}$, $F_{TP}^{(0,C)}$ от заданного натяжения $K_{0,H}$.

3. В решение (5), (6) и соотношение (4) входит коэффициент трения f . Поэтому данное решение позволяет установить зависимости натяжения $K_{0,H}$ и реактивных сил $Q_{0,C}$, $F_{TP}^{(0,C)}$ от коэф-

фициента трения, т.е. от физико-механических свойств материала и условия контакта нитей основы с поверхностью скало.

4. Как известно [1, 2], направления действия реактивных сил трения $F_{TP}^{(0, C)}$ и давления $Q_{0,C}$, прежде всего, зависят от условия контакта материалов нитей основы и скало. В условия контакта входит степень неровноты трущихся поверхностей. Поэтому, произведя оценки влияния угла $\beta_{0,C}$ и коэффициента трения f на условия контакта, можно будет установить зависимость натяжения $K_{0,C}^{BEPX}$ от неровноты данной нити основы.

Пусть количество нитей основы, огибающих поверхности ПЦП сверху и снизу, одинаково. Тогда суммарное натяжение всех нитей основы в огибающих поверхности ПЦП сверху определяется по следующей формуле:

$$K_{0,C}^{BEPX, CUM} = \sum_{j=1}^{0.5 \cdot N} (K_{0,C}^{BEPX})_j, \quad (7)$$

где $(K_{0,C}^{BEPX})_j$ – сила натяжения, возникающего в поперечном сечении j -й нити основы; N – общее количество нитей основы в данном слое поверхности навоя.

Если предположить, что осевые усилия, возникающие в поперечных сечениях всех нитей основы данного слоя, одинаковы, т.е. все нити основы равноправны в силовом отношении, то формула (7) примет следующий вид:

$$K_{0,C}^{BEPX, CUM} = 0.5 \cdot N \cdot K_{0,C}^{BEPX}. \quad (8)$$

Общее натяжение $K_{0,C}^{ОБЩ}$, передаваемое скало нитями основы, равно сумме натяжения всех нитей основы, огибающих поверхности ПЦП сверху и снизу:

$$K_{0,C}^{ОБЩ} = K_{0,C}^{BEPX, CUM} + K_{0,C}^{НИЖ, CUM} = \sum_{j=1}^{0.5 \cdot N} (K_{0,C}^{BEPX})_j + \sum_{j=1}^{0.5 \cdot N} (K_{0,C}^{НИЖ})_j. \quad (9)$$

В частности, если предположить, что осевые усилия, возникающие в поперечных сечениях всех нитей основы, огибающих поверхности первого ПЦП, одинаковы, то общее натяжение $K_{0,C}^{ОБЩ}$ вычисляется по формуле

$$K_{0,C}^{ОБЩ} = K_{0,C}^{BEPX, CUM} + K_{0,C}^{НИЖ, CUM} = 0.5 \cdot N \cdot K_{0,C}^{BEPX} + 0.5 \cdot N \cdot K_{0,C}^{НИЖ}. \quad (10)$$

Из табл. 1 видно, что с ростом натяжения $K_{0,H}$ и коэффициента трения f искомого натяжения $K_{0,C}^{BEPX}$ и реактивная сила давления $Q_{0,C}$ возрастают. Причем, $K_{0,C}^{BEPX}$ возрастает быстрее, чем реактивная сила давления $Q_{0,C}$.

Таблица 1

Зависимости натяжения $K_{0,C}^{BEPX}$ и реактивной силы $Q_{0,C}$ от натяжения $K_{0,H}$ и коэффициента трения f , полученные при $\varphi_{0,H}=15^\circ$, $\varphi_{0,C}=5^\circ$

$K_{0,H}, H$	$f=0.2$		$f=0.3$		$f=0.4$	
	$K_{0,C}^{BEPX}, H$	$Q_{0,C}, H$	$K_{0,C}^{BEPX}, H$	$Q_{0,C}, H$	$K_{0,C}^{BEPX}, H$	$Q_{0,C}, H$
20	26.53099	26.69458	30.65893	29.06391	35.59102	31.89481
22	29.18409	29.36404	33.72482	31.97031	39.15012	35.08429
24	31.83719	32.03349	36.79072	34.8767	42.70922	38.27377
26	34.49029	34.70295	39.85661	37.78309	46.26832	41.46325
28	37.14339	37.37241	42.92251	40.68948	49.82742	44.65273
30	39.79649	40.04187	45.9884	43.59587	53.38653	47.84221

С ростом исходного натяжения нитей основы на участке между навоем и скало, натяжения на участке между скалом и первым ценовым прутком, а также сила давления нитей основы о поверхности скало возрастают. Возрастание коэффициента трения между материалами нитей основы и скало приводит к возрастанию натяжения нитей основы на участке, расположенном между скалом и ПЦП, а также силы давления нитей основы о поверхности скало. Отсюда следует, что с рос-

том натяжения нитей основы на участке между навоем и скало сила трения, возникающая между материалами скало и нитей основы, возрастает.

Рассмотрим теперь условия равновесия нитей основы, огибающих поверхности ПЦП снизу (рис. 2). В данном случае угол $\beta_{0,C}$ определяется по формуле

$$\beta_{0,C} = 0.25 \cdot \pi + 0.5 \cdot (\varphi_{0,H} + \varphi_{0,C}). \quad (11)$$

Условия равновесия активных и реактивных сил, действующих на нити основы, принимают вид

$$K_{0,C}^{НИЖ} \cos \varphi_{0,C} - K_{0,H} \sin \varphi_{0,H} - f Q_{0,C} \sin \beta_{0,C} - Q_{0,C} \cos \beta_{0,C} = 0, \quad (12)$$

$$-K_{0,C}^{НИЖ} \sin \varphi_{0,C} - K_{0,H} \cos \varphi_{0,H} - f Q_{0,C} \cos \beta_{0,C} + Q_{0,C} \sin \beta_{0,C} = 0. \quad (13)$$

Уравнения (12) и (13) имеют следующее решение:

$$K_{0,C}^{БЕРХ} = \frac{K_{0,H} (\eta_{C,12} \sin \varphi_{0,H} - \eta_{C,11} \cos \varphi_{0,H})}{\eta_{C,12} \cos \varphi_{0,C} - \eta_{C,11} \sin \varphi_{0,C}}, \quad (14)$$

$$Q_{0,C} = \frac{K_{0,H} \cos(\varphi_{0,H} + \varphi_{0,C})}{\eta_{C,11} \sin \varphi_{0,C} - \eta_{C,12} \cos \varphi_{0,C}}. \quad (15)$$

Таблица 2

Зависимости натяжения $K_{0,C}^{НИЖ}$ и реактивной силы $Q_{0,C}$ от натяжения $K_{0,H}$ и коэффициента трения f , полученные при $\varphi_{0,H}=15^\circ$, $\varphi_{0,C}=5^\circ$

$K_{0,H}, H$	$f=0.2$		$f=0.3$		$f=0.4$	
	$K_{0,C}^{НИЖ}, H$	$Q_{0,C}, H$	$K_{0,C}^{НИЖ}, H$	$Q_{0,C}, H$	$K_{0,C}^{НИЖ}, H$	$Q_{0,C}, H$
20	28.0874	30.9141	33.4842	34.3849	40.2461	38.7337
22	30.8962	34.0055	36.8327	37.8234	44.2708	42.6070
24	33.7049	37.0969	40.1811	41.2619	48.2954	46.4804
26	36.5137	40.1883	43.5295	44.7004	52.3200	50.3538
28	39.3224	43.2797	46.8779	48.1389	56.3446	54.2271
30	42.1312	46.3711	50.2264	51.5774	60.3692	58.1005

Из табл. 2 видно, что с ростом натяжения $K_{0,H}$ и коэффициента трения f искомое натяжение $K_{0,C}^{НИЖ}$ и реактивная сила давления $Q_{0,C}$ возрастают.

Сравнением данных табл. 1 и 2 установлено, что законы изменения искомых натяжений $K_{0,C}^{НИЖ}$ и реактивной силы давления $Q_{0,C}$, при возрастании силы натяжения $K_{0,H}$, качественно совпадают. Возрастание натяжения $K_{0,H}$ оказывает большое влияние на натяжение нитей основы, огибающих поверхности ПЦП снизу, чем натяжение нитей основы, огибающих поверхности ПЦП сверху.

Увеличение коэффициента трения приводит к возрастанию разности между натяжениями нитей основы, огибающих поверхности ПЦП сверху и снизу. С уменьшением угла $\varphi_{0,H}$, т.е. с уменьшением диаметра заправки, натяжения нитей основы, огибающих поверхности ПЦП сверху и снизу, возрастают.

Таким образом, предложены новые методы оценки влияния конструктивных параметров шелкоткацких станков, свойства материала и условия контакта с рабочими органами на натяжение нитей основы, огибающих поверхности первого ценового прутка сверху и снизу. Приведены результаты численно-экспериментальных исследований зависимости натяжения нитей основы от конструктивных параметров станка, свойства материала и внешних воздействий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Абдулина Ф. Д. Исследование причины обрывности шелка-сырца, выработанного на автоматических станках: Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент: ТИТЛП, 1981.
- [2] Золотаревский Л. Т. Обрывность основы на ткацких станках. М.: Легпромбытиздат, 1982.

- [3] Оников Э. А. Причины обрывности основных нитей на ткацких станках АТПР// Текстильная промышленность. 1980. № 8.
- [4] Эргашов М., Мавлонов М. Т. Скольжение нити по поверхности твердого тела // Международный журнал «Прикладная механика». Вып. 38. Ташкент. 2002. № 7.
- [5] Эргашов М., Алимова Х., Саидова Р. А. К исследованию динамики скольжения нити по поверхности рабочих органов текстильных машин. Изв. вузов. Техн. текст. пром-сти. № 4. 1998.

Узбекский научно-исследовательский институт натуральных волокон

Дата поступления
19.05.2015

О.А. Ахунбабаев, М.А. Эргашов, М.М. Абдуллаев. Шойи тўқув дастгоҳи қисмидаги танда иплари таранглигини ҳисоблаш

Шойи тўқув дастгоҳида танда ипларининг шодабоғ биринчи дастаси устидан ҳамда остидан ўтган ҳолатларида, ипларнинг хусусиятлари, уларнинг дастгоҳ қисмлари юзалари билан таъсири шароитлари ва конструктив тахтлаш чизиги ҳолатининг танда иплари таранглигига таъсирини баҳолашнинг янги услублари таклиф қилинади. Танда иплари таранглигининг дастгоҳ конструктив тахтлаш чизиги, иплар хусусияти ва ташиқи таъсирларга боғлиқлигининг сонли-тажриба тадқиқотлари натижалари келтирилди.

O.A. Ahunbabaev, M.A. Ergashov, M.M. Abdullaev. Calculation of tension warp threads in the vicinity of silk weaving machine

We propose new methods for assessing the effect of CPF silk-weaving looms, yarn properties and conditions of contact with the working bodies in the tension warp envelope surface of the first price bar on top and bottom. The results of numerical and experimental studies, depending on the tension of the warp threads CPF, the properties of the filaments and external influences.

УДК 677.027.(075.8)

А.Е. ЛУГАЧЕВ, Б.М. МАРДОНОВ, Р.А. ГУЛЯЕВ

УВЛАЖНЕНИЕ ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ШАХТЕ ВСТРЕЧНЫМ ПОТОКОМ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

Разрыхленная волокнистая масса представляет собой смесь, состоящую из элементов волокон и частиц воздуха. В процессе увлажнения ее можно рассматривать капиллярно пористой средой и считать возможной реализацию всех видов перемещения влаги: как диффузионно-осмотических, так и капиллярных сил, где скорость перемещения влаги будет пропорциональна градиенту влажности, а само явление перемещения – влагонепроводности. При этом влагонепроводность относится к более общему явлению, чем внутренняя диффузия, поскольку она включает одновременно диффузию жидкости и пара различных форм связи влаги, а также капиллярное перемещение жидкости, и является основным и физическим процессом, описывающим влаго- (масс) перенос в увлажняемом материале. Экспериментальными данными, установленными для капиллярно-пористых материалов, выявлено, что коэффициент влагонепроводности в основном зависит от влажности [1]. При малой влажности в материале влага является адсорбционно-связанной. С ростом влажности в материале преобладает капиллярная влага и, наконец, при большой влажности влага становится осмотически связанной. Необходимо отметить, что закон влагонепроводности учитывает перемещение влаги, вызванное наличием градиента влажности и отсутствием градиента температуры, т.е. при наличии изотермических условий и, возможно, реализации перемещения влаги, вызванного перепадом давления (фильтрационное перемещение).

Исследование передачи и распространения влаги в капиллярно пористых материалах основывается на применении основных законов тепло- и массообменных процессов в термодинамических равновесных системах.

Рассмотрим одномерный процесс увлажнения весомой волокнистой массы, движущейся вертикально вниз в шахте прямоугольного переменного сечения. На массу действует поток влажного воздуха, противоположно направленному движению частиц волокнистой среды. Установим начала координат в начальном сечении шахты. Направим ось Ox вертикально вниз по оси шахты, которая состоит из двух участков, – OA ($0 < x < h$) и AB $h < x < H$. На участке OA площадь сечения тру-

бы меняется по закону $S=s(x)l$, $s=(s_0 - k_0x)l$ (l – длина боковой стороны прямоугольника, s_0 – ширина сечения шахты при $x=0$, $k_0 = \frac{s_0 - s_1}{h}$, s_1 – ширина нижнего сечения шахты). Полагаем, что встречный поток воздуха действует на движущуюся волокнистую массу на участке OA . Считая процесс увлажнения стационарным, обозначим через $u_0(x)$, $w_0(x)$, $u_1(x)$ и $w_1(x)$ соответственно скорость и влажность воздуха (индексом 0) и волокнистой массы (индексом 1) в произвольном сечении участка OA . Примем, что процесс влагообмена на участке $0 < x < h$ имеет место при наличии линейного закона массообмена между частицами воздуха и волокон. На участке $h < x < H$ масса подвергается сжатию, и пропитка массы влагой происходит за счет фильтрации.

Смесь воздуха с частицами волокнистой массы примем гетерогенной смесью, для описания движения которой используем теории многоскоростных систем, предложенные в работе [2]. При этом воздух считаем идеальной жидкостью. Внутреннюю силу взаимодействия определим через нормальное давление $p(x)$, которое является общим для всей смеси. Уравнения одномерного движения компонентов смеси и законы сохранения масс, согласно работе [2], запишем в виде

$$\rho_0 u_0 s \frac{du_0}{dx} = - \frac{\rho_0}{\rho_0^{(0)}} \frac{d(sp)}{dx} + sk(u_1 - u_0), \quad (1)$$

$$\rho_1 u_1 s \frac{du_1}{dx} = - \frac{\rho_1}{\rho_1^{(0)}} \frac{d(sp)}{dx} - sk(u_1 - u_0), \quad (2)$$

где $\rho_0 u_0 s = u_{00} \rho_{00} s_0 = const$, $\rho_1 u_1 s = u_{10} \rho_{10} s_0 = const$, $\rho_0 = m \rho_0^{(0)}$, $\rho_1 = (1 - m) \rho_1^{(0)}$,

$$\rho_0 = \frac{m}{m_0} \rho_{00}, \quad \rho_1 = \frac{1 - m}{1 - m_0} \rho_{10}. \quad (3)$$

Здесь ρ_0 , ρ_1 , m – соответственно приведенные плотности воздуха, волокнистой массы и пористости в произвольном сечении трубы; $\rho_0^{(0)}$ и $\rho_1^{(0)}$ – их истинные плотности; k – коэффициент сопротивления; ρ_{00} , ρ_{10} , u_{00} , u_{10} и m_0 – известные значения соответственно плотности, скорости воздуха, волокнистой массы и пористости в сечении $x = 0$.

Из (3) следуют следующие соотношения:

$$u_0 = \frac{m_0}{m} \frac{s_0}{s} u_{00}, \quad u_1 = \frac{1 - m_0}{1 - m} \frac{s_0}{s} u_{10}. \quad (4)$$

Из равенств (3) и (4) следует, что плотности и скорости компонентов в произвольном сечении шахты выражаются через пористость $m(x)$, которая удовлетворяет уравнению

$$\frac{dm}{dx} = - \frac{m(1 - m) \{ s_0 m(1 - m) [m u_{10}^2 \rho_{10} - (1 - m) u_{00}^2 \rho_{00}] k_0 + s^2 k [m(1 - m_0) u_{10} - (1 - m) m_0 u_{00}] \}}{s^2 [u_{00}^2 \rho_{00} m_0 (1 - m)^3 + u_{10}^2 \rho_{10} (1 - m_0) m^3]}. \quad (5)$$

При этом давление определяется по формуле

$$p = \frac{s_0}{s} \left[p_0 + u_{00}^2 \rho_{00} \left(1 - \frac{m_0}{m} \frac{s_0}{s} \right) + u_{10}^2 \rho_{10} \left(1 - \frac{1 - m_0}{1 - m} \frac{s_0}{s} \right) \right],$$

где p_0 – давление смеси в сечении $x=0$.

На рис. 1 представлены кривые изменения скоростей воздуха и частиц волокнистой массы по высоте шахты с постоянным сечением ($k_0=0$) и сужающимся сечением ($k_0=0.25$) при подаче встречного потока через нижнее сечение со скоростью $u_{00} = -30$ м/с. В расчетах принято: $m_0=0.6$, $u_{10} = 3$ м/с, $k = 5$ Нс/м⁴, $s_0 = 1$ м, $s_1 = 0.75$ м, $h = 2$ м.

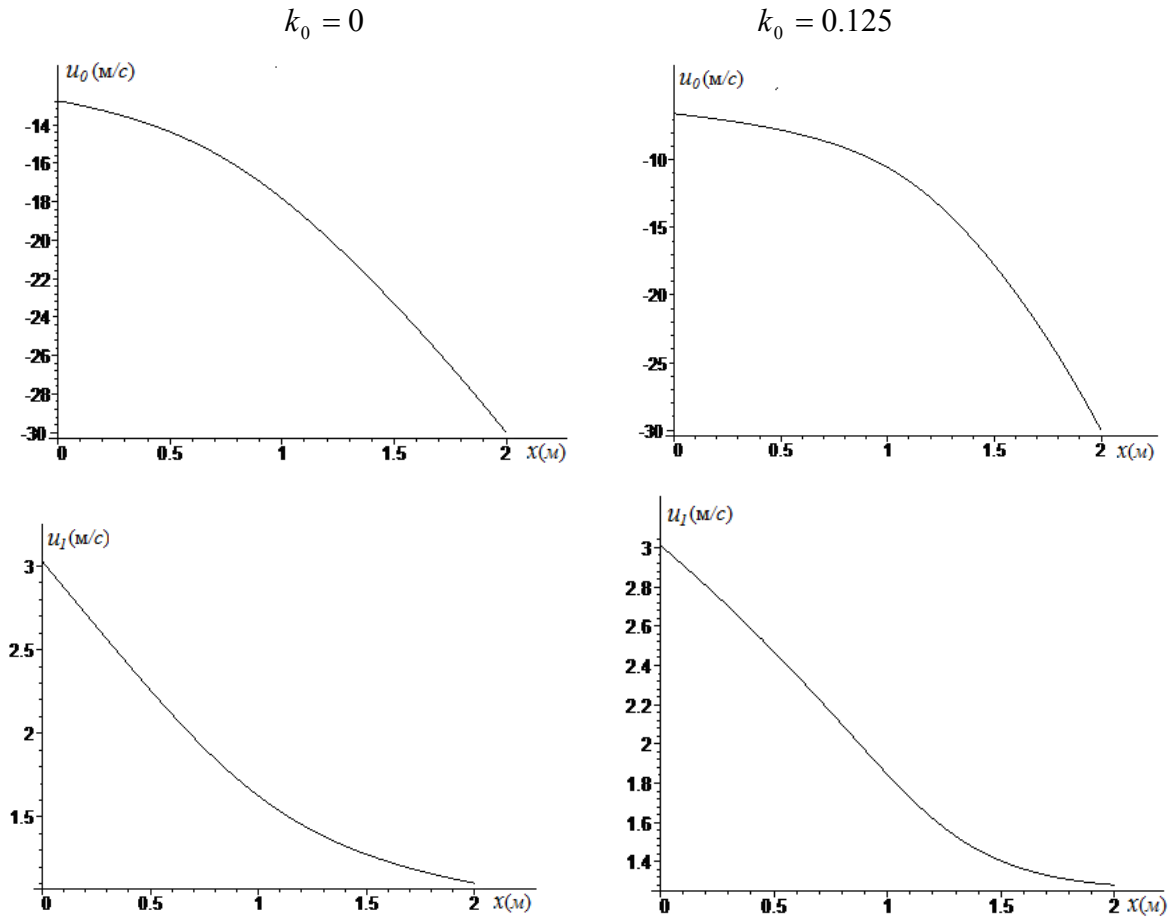


Рис. 1. Распределение скоростей частиц воздуха u_0 (м/с) и волокнистой массы u_1 (м/с) по высоте шахты x (м) при $k=5$ Нс/м⁴

Из анализа кривых следует, что при выходе из шахты с сужающимся сечением скорость потока воздуха увеличивается. Согласно закону сохранения массы, это приводит к снижению скорости потока волокнистой массы.

На участке $0 < x < h$ уравнения влагообмена между воздухом и волокнистой массой в стационарном режиме увлажнения запишем в виде системы

$$smu_0(x) \frac{dw_0}{dx} = \beta(w_1 - w_0) \quad s(1-m)u_1(x) \frac{dw_1}{dx} = \beta(w_0 - w_1) \quad \text{при } 0 < x < h.$$

С учетом (4) последние уравнения запишем в виде

$$m_0 u_{00} \frac{dw_0}{dx} = \beta(w_1 - w_0)/s_0, \quad (1-m_0)u_{10} \frac{dw_1}{dx} = \beta(w_0 - w_1)/s_0. \quad (6)$$

Таким образом, влажность компонентов смеси зависит не от их текущих скоростей и пористости в зоне увлажнения, а от их значений в начальном сечении. Интегрируя систему уравнений (6) при условиях $w_0(h) = w_{01}, w_1(0) = w_{10}$, получим

$$w_1 = \frac{1}{c+1} \{w_{00} + cw_{10} - (w_{00} - w_{10}) \exp[-\lambda(c+1)]\} \quad w_0 = w_{00} + \gamma(w_{10} - w_1),$$

$$\text{где } c = \frac{1-m_0}{m_0} \frac{u_{10}}{u_{00}}, \quad \lambda = \frac{\beta h}{(1-m_0)s_0 u_{10}}, \quad w_{00} = \frac{w_{01}(c+1) - cw_{10}(1-b)}{c+1-c(1-b)}, \quad b = \exp[-\lambda(c+1)].$$

На рис. 2 представлены кривые распределения влажности воздуха и волокна по высоте шахты в зоне увлажнения $0 < x < h$ при различных значениях скорости встречного воздушного потока. В расчетах принято: $\beta = 0.5 \text{ с}^{-1}$, $m_0 = 0.3$, $u_{10} = 5 \text{ м/с}$, $w_{10} = 5\%$, $h = 2 \text{ м}$.

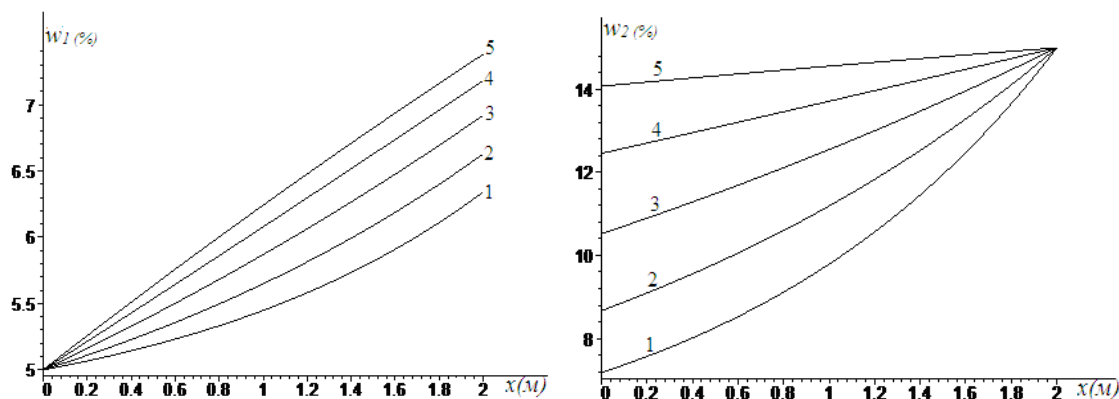


Рис. 2. Кривые распределения влаги в волокнистой массе w_1 и встречном потоке воздуха w_2 по высоте шахты при влажности $w_{00} = 15\%$ и скорости u_{00} встречного потока:

1 – $u_{00} = -2 \text{ м/с}$; 2 – $u_{00} = -3 \text{ м/с}$; 3 – $u_{00} = -5 \text{ м/с}$; 4 – $u_{00} = -10 \text{ м/с}$; 5 – $u_{00} = -30 \text{ м/с}$

Из анализа результатов расчетов следует, что с ростом скорости движения встречного потока эффективность передачи влаги влажным воздухом на волокнистую массу растет, что указывает на возможность интенсифицировать процесс увлажнения массы встречным потоком воздуха.

В зоне уплотнения $h < x < H$ образуется увлажненная волокнистая масса, плотность и толщина которой зависят от условия подачи (прокатывания) его с помощью валиков радиуса R . При этом в процессе уплотнения продукта влага перемещается по свободным капиллярным каналам, в результате чего волокнистая масса дополнительно увлажняется. Для моделирования процесса увлажнения продукта в зоне обжатия используем фильтрационную модель проникания жидкости по капиллярам волокнистой массы. Обозначим через $c(x, t)$ удельное влагосодержание (влажность) в зоне сжатия. Рассмотрим стационарный режим фильтрации жидкости через капилляры движущегося продукта в виде полосы

$$v_0 \frac{dc}{dx} = k_0 \left(\frac{d^2 c}{dx^2} + \frac{b'(x)}{b(x)} \frac{dc}{dx} \right) = 0, \quad (7)$$

где k – коэффициент дисперсии; v_0 – скорость продукта в зоне сжатия, которую при малых значениях высоты зоны сжатия считаем равной скорости частиц волокна в сечении $x=h$, определяемая из системы (1) и (2), т.е. $v_0 = u_1(h)$. При $x/R \ll 1$ толщину волокнистой массы (полосы) в зоне сжатия ее вальцами можно представить в виде $b(x) = b_0 + (x - h)^2 / R$, где b_0 – ширина полосы после ее обжатия вальцами.

Уравнение (7) интегрируется при следующих условиях:

$$c = w_1(h) \text{ при } x = h, \quad c'(x) = -\eta(c - w_0) \text{ при } x = H,$$

где η – коэффициент влагообмена смеси с внешней средой влажности w_0 .

На рис. 3 представлены кривые распределения влажности $c = w(x)$ (в процентах) по высоте шахты в зоне уплотнения ее вальцами для различных значений влажности w_{01} и скорости встречного потока отношения v_0 , где дополнительно принято $R = 0.2 \text{ м}$, $H = 2.3 \text{ м}$, $k_0 = 5 \text{ м}^2/\text{с}$, $\eta = 2 \text{ м}^{-1}$, $w_0 = 10\%$, $w_{01} = 15\%$, $w_{01} = 30\%$.

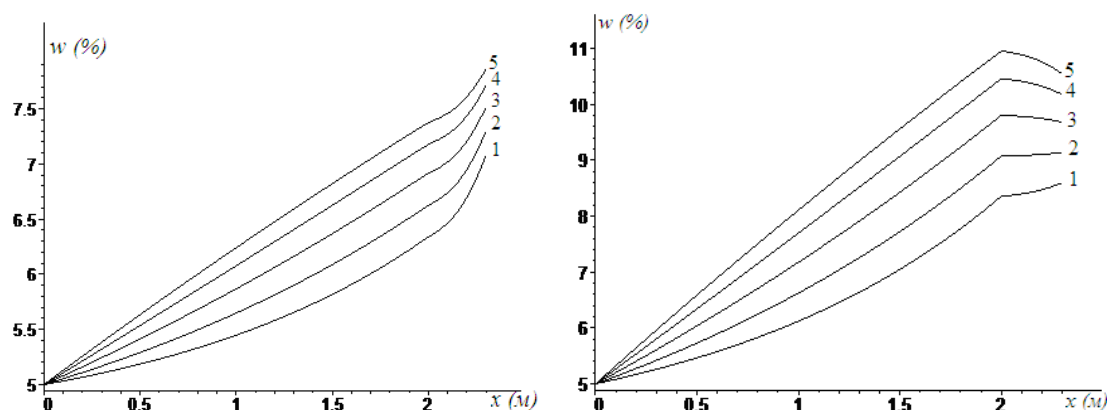


Рис. 3. Кривые распределения влаги по высоте шахты и зоны уплотнения при различных значениях влажности w_{01} и скорости u_{00} встречного потока: 1 – $u_{00} = -2$ м/с; 2 – $u_{00} = -3$ м/с; 3 – $u_{00} = -5$ м/с; 4 – $u_{00} = -10$ м/с; 5 – $u_{00} = -30$ м/с

Как видно, в зоне сжатия происходит интенсивный рост увлажнения волокнистой массы. При высоких скоростях воздуха в результате отставания при подаче в зону сжатия частиц воздуха происходит частичное снижения влаги в воздушном потоке.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лыков А. В. Теория сушки. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1950. – 410 с.
[2] Рахматулин Х. А. Газовая и волновая динамика. М.: МГУ, 1983. – 200 с.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Дата поступления
22.09.2015

А.Е. Лугачев, Б.М. Мардонов, Р.А. Гуляев. Вертикал шахтада ҳаракатланаётган толали массанинг қариш йўналган нам ҳаво таъсирида намланиши

Мақолада вертикал шахтада стационар ҳаракатланаётган толали массанинг ўзгармас тезликда қариш йўналган ҳаво оқими таъсирида намланишининг шахта баландлиги бўйлаб ўзгариш жараени назарий ўрганилган.

A.E. Lugachev, B.M. Mardonov, R.A. Gulyaev. Humidification of pulp in vertical mine by the counter stream of humid air

The authors propose a theoretical method for determining the moisture of pulp moving in a vertical mine under the counter stream of humid air.

УДК 667.21.021.152:006.057

А. АХМЕДОВ

ВЛИЯНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ РАЗМЕРОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ КАМЕРЫ НА ПОКАЗАТЕЛЬ МИКРОНЕЙРА ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА НА АКУСТИЧЕСКОМ ПРИБОРЕ

Данная статья является продолжением работ по изучению влияния различных факторов на результаты измерения показателя микронейра на акустическом приборе, описанном в работе [1]. Согласно [1], зависимость выходного сигнала U с показателем микронейра Mic задается следующим соотношением:

$$U = U_0 e^{-\frac{(1-\varepsilon) C l}{\varepsilon Mic}}, \quad (1)$$

где U_0 – сигнал на выходе прибора в отсутствии пробы, mV ; l – толщина измеряемой пробы, равная высоте измерительной камеры, см; C – постоянный коэффициент; ε – пористость измеряемой пробы.

Пористость определяется из выражения

$$\varepsilon = 1 - \frac{m}{\frac{\rho \pi \varphi^2 l}{4}}, \quad (2)$$

где ρ – объемная плотность волокна, равная $\rho=1.51 \text{ g/cm}^3$ [2]; φ – диаметр измерительной камеры, см; m – масса пробы, g.

После подстановки (2) в (1) и несложных преобразований имеем

$$U = U_0 \exp \left[- \frac{l}{\left(\frac{\rho \pi \varphi^2 l}{4m} - 1 \right)} \cdot \frac{C}{Mic} \right]. \quad (3)$$

Из формулы (3) видно, что увеличение высоты измерительной камеры приводит к увеличению пористости и росту уровня выходного сигнала по экспоненциальному закону. Знание этой закономерности позволит сформулировать требование к точности поддержания данного параметра в процессе измерения с необходимым допуском и оценить составляющую погрешности от вариации этого параметра.

В формуле (3) при изучении изменения одного влияющего фактора на выходной параметр прибора другие факторы поддерживаются на заданном уровне. Из этой формулы видно, что зависимость выходного сигнала от высоты камеры выражается сложной функцией. Поэтому для упрощения анализа и обработки результатов введем параметр x , функционально связанный с переменными факторами l , m и φ . При постоянных массе пробы m , диаметре измерительной камеры φ , показателе микронейра Mic и уровне сигнала U_0 зависимость между логарифмом выходного сигнала $\ln U$ и высотой камеры l в уравнении (3) выражается следующим соотношением:

$$\ln U = C_0 - C_1 \cdot x. \quad (4)$$

Здесь $C_0 = \ln U_0$, $C_1 = C/Mic$ и

$$x = \frac{l}{\left(\frac{\rho \pi \varphi^2 l}{4m} - 1 \right)}. \quad (5)$$

При заданных параметрах $m=8 \text{ g}$, $\rho=1.51 \text{ g/cm}^3$, $\varphi=4 \text{ cm}$ выражение (5) примет вид

$$x = \frac{l}{(2.3707 \cdot l - 1)}. \quad (6)$$

Из выражения (4) следует, что между логарифмом выходного сигнала $\ln U$ и параметром x должна наблюдаться линейная зависимость.

Экспериментальные исследования проводили на стандартных образцах хлопкового волокна с аттестованными значениями показателя микронейра 5.33; 4.9; 4.33; 3.57 и 2.78 mic. Исследования провели на экспериментальном образце акустического прибора при высотах измерительной камеры 3.0; 3.5; 4.0; 4.5; 5.0; 5.5 и 6.0 см при массе проб 8 g с точностью взвешивания 0.01 g в четырехкратной повторности испытаний в каждой высоте измерительной камеры. Пробы хлопкового волокна с указанными значениями показателя микронейра поочередно помещали в измерительную камеру прибора и измеряли уровень выходного сигнала при рабочей частоте звуковых колебаний 150 Hz. По средним значениям измеренных величин выходного сигнала при различных высотах измерительной камеры построили зависимости величины выходного сигнала от параметра x и высоты камеры l для образцов волокна с различными значениями микронейра (7), которые представлены на рис. 1. Здесь $y_i = \ln U_i$, в индексе указано значение микронейра.

$$\ln U_{5.33} = -13.328x + 12.729, \quad R^2 = 0.999,$$

$$\begin{aligned}
\ln U_{4,9} &= -13.597x + 12.778, & R^2 &= 0.999, \\
\ln U_{4,33} &= -14.664x + 13.010, & R^2 &= 0.999, \\
\ln U_{3,57} &= -16.088x + 13.349, & R^2 &= 0.9993, \\
\ln U_{2,78} &= -22.925x + 16.047, & R^2 &= 0.9996.
\end{aligned} \tag{7}$$

Из уравнений (7) и рис. 1 видно, что между логарифмом выходного сигнала $\ln U$ и параметром x , являющимся функцией высоты измерительной камеры l , существует линейная зависимость. Коэффициент аппроксимации полученных зависимостей на всех образцах с различными значениями показателя микронейра превышает $R^2=0.99$, что указывает на согласованность теоретических выводов по формуле (4) с экспериментальными результатами. На рис. 2 представлены графики зависимости выходного сигнала прибора от высоты измерительной камеры по натуральной шкале для волокна с различными значениями показателя микронейра.

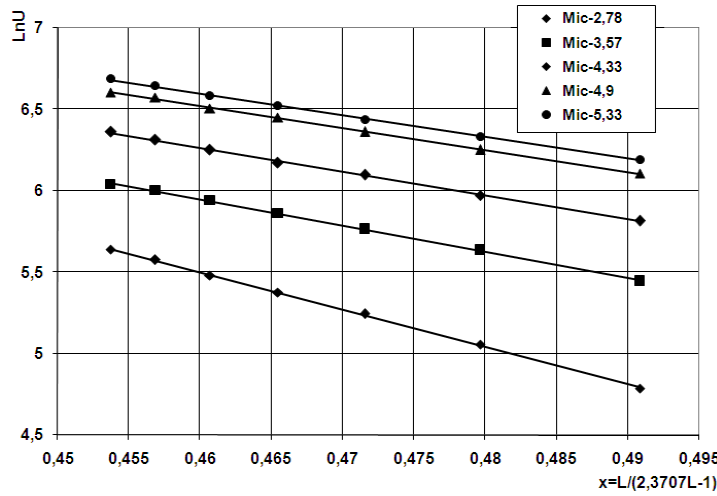


Рис. 1. Зависимость выходного сигнала от параметра x

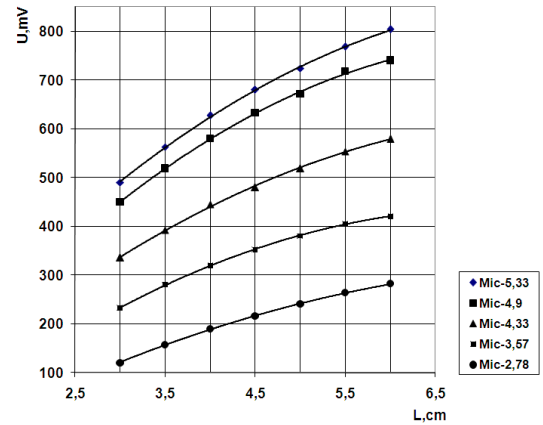


Рис. 2. Зависимость выходного сигнала от высоты измерительной камеры

$$\begin{aligned}
U_{5,53} &= 337391.8e^{\frac{13.328l}{2.3707l-1}}, & R^2 &= 0.999, & U_{4,9} &= 354335.7e^{\frac{13.597l}{2.3707l-1}}, & R^2 &= 0.999, \\
U_{4,33} &= 446859.7e^{\frac{14.664l}{2.3707l-1}}, & R^2 &= 0.999, & U_{3,57} &= 627187.0e^{\frac{16.088l}{2.3707l-1}}, & R^2 &= 0.9993, \\
U_{2,78} &= 931372.8e^{\frac{22.925l}{52.307l}}, & R^2 &= 0.9996.
\end{aligned} \tag{8}$$

Для расчета погрешности от изменения высоты измерительной камеры подставляем выражение (6) в (4) и, про дифференцировав полученное уравнение, находим частную производную $\frac{\partial \ln U}{\partial l}$, а также из градуировочного уравнения прибора микронейра [2] находим частную производную $\frac{\partial \ln U}{\partial Mic}$. Погрешность от изменения высоты измерительной камеры в 1 см определяется соотношением

$$\frac{\Delta Mic}{\Delta l} = \frac{\frac{\partial \ln U}{\partial l}}{\frac{\partial \ln U}{\partial Mic}} = \frac{C_1 \cdot (-1) \cdot Mic^2}{a_1 \cdot (2.3707l - 1)^2} = -\frac{0.0268 \cdot C_1 Mic^2}{a_1}, \tag{9}$$

где C_1 – коэффициент в уравнениях на рис. 1 перед параметром x ; a_1 – коэффициент градуировоч-

ной зависимости прибора микронейра при массе $m=8$ г, равный 7.32 [2]. Подставляя значения Mic , a_1 , в (9) получим расчетную величину погрешности, представленную в табл. 1.

Таблица 1

Расчет погрешности измерения показателя микронейра от изменения высоты камеры

Микронейр Mic , mic	Коэффициент C_1	Коэффициент a_1	Погрешность $\Delta Mic/\Delta l$, mic/cm
5.33	– 13.328	7.32	1.38
4.9	– 13.597		1.20
4.33	– 14.664		1.00
3.57	– 16.088		0.75
2.78	– 22.925		0.65

Таким образом, погрешность от изменения высоты камеры на 1 см ($\Delta Mic/\Delta l$) увеличивается с увеличением показателя микронейра и составляет 1.38 mic/cm при $Mic=5.33$ mic и 0.65 mic/cm при $Mic=2.78$ mic. В конструкции прибора микронейра предусмотрен допуск на отклонение высоты камеры от номинала на 0.1 mm. При этом погрешность измерения показателя микронейра от неточности установления высоты камеры для указанных точек диапазонов измерения микронейра составляет соответственно 0.014 и 0.005 mic. Аналогичным образом можно оценить составляющую погрешности измерения показателя микронейра от изменения диаметра измерительной камеры от номинального значения. Подставляя в формулу (5) значения $m=8$ г, $\rho=1.51$ г/см³ и $l=3$ см, получим

$$x = \frac{3}{(0.4445 \cdot \varphi^2 - 1)} \quad (10)$$

Подставляем выражение (10) в (4) и, про дифференцировав полученное уравнение, находим частную производную $\partial \ln U / \partial \varphi$. Погрешность от изменения диаметра измерительной камеры в 1 см определяется соотношением

$$\frac{\Delta Mic}{\Delta \varphi} = \frac{\frac{\partial \ln U}{\partial \varphi}}{\frac{\partial \ln U}{\partial Mic}} = \frac{C_1 \cdot 2.667 \cdot \varphi \cdot Mic^2}{a_1 \cdot (0.4445 \cdot \varphi^2 - 1)^2} = - \frac{0.2855 \cdot C_1 Mic^2}{a_1} \quad (11)$$

Расчет погрешности представлен в табл. 2.

Таблица 2

Расчет погрешности измерения показателя микронейра от изменения диаметра камеры

Микронейр Mic , mic	Коэффициент C_1	Коэффициент a_1	Погрешность $\Delta Mic/\Delta \varphi$, mic/cm
5.33	– 13.328	7.32	14.77
4.9	– 13.597		12.73
4.33	– 14.664		10.72
3.57	– 16.088		8.00
2.78	– 22.925		6.90

В техническом задании на прибор допуск на отклонение диаметра камеры задан 0.039 mm, при этом погрешность ΔMic при значении показателя микронейра 5.33 будет равна 0.058 mic, а при значении показателя микронейра 2.78 – 0.031 mic. Полученные результаты будут использованы при уточнении метрологических параметров акустического прибора микронейра.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ахмедов А., Якубова Ю.Д. Исследование влияния параметров состояния образцов на режимы измерения показателя микронейра на акустическом приборе // Сборник трудов "Технические науки – от теории к практике". Материалы XVII Международной научно-практической конференции. Ч. II. Новосибирск, 2013.

- [2] Akhmedov A. Density influence of a measured cotton fiber sample on repeatability of measurements of a micronaire index on an acoustic device // 2nd international scientific Conference "European Applied Sciences: modern approaches in scientific researches". Conference papers Vol. 3. Stuttgart, Germany 18 – 19 February 2013.

АО "Paxtasanoat ilmiy markazi"

Дата поступления
15.07.2015

А. Ахмедов. Акустик ўлчов асбобида ўлчаш камераси геометрик ўлчамларининг микронейр кўрсаткичига таъсири

Мақолада акустик ўлчов асбобида пахта толасининг микронейр кўрсаткичини ўлчаш натижаларига ўлчаш камерасининг баландлиги ва диаметри ўзгаришининг таъсирини ўрганиш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган

A. Ahmedov. Influence of the geometrical sizes of the measuring chamber on a parameter micronaire a cotton fibre on the acoustic device

In article results of researches on studying influence of frequency of sample of mass on results of measurements of a parameter are resulted micronaire a cotton fibre on the acoustic device

УДК 621.01

А. АБДУКАРИМОВ

КИНЕМАТИКА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ВАЛКОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАШИНЫ ДУГООБРАЗНЫМ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ЦЕНТРА ВРАЩЕНИЯ ПОДВИЖНОГО РАБОЧЕГО ВАЛА

Ранее нами было показано различные схемы валковых пар [1], применяемых в валковых технологических машинах дугообразным перемещением центра вращения подвижного рабочего вала (рис. 1). В работе [1] также отмечены некоторые преимущества схемы, указанной в пункте 3 на рис. 2 относительно других схем, поэтому нами для теоретического анализа выбрана вышеуказанная схема. На рис. 1 показана валковая пара с дугообразным перемещением центра вращения (O_2) подвижного рабочего вала (2), удовлетворяющего следующим условиям.

1. Траектория перемещения подвижного рабочего вала располагается на вертикальной линии, проходящей через оси (O_1) вращающего рабочего вала (1) по подаче обрабатываемого материала (4).

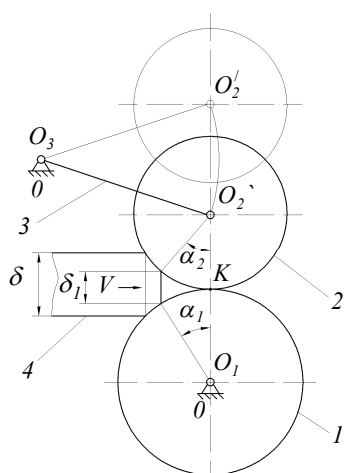


Рис. 1. Схема валковой пары с дугообразным перемещением центра вращения подвижного рабочего вала: 1 – вращательный рабочий вал; 2 – подвижный рабочий вал; 3 – рычаг; 4 – обрабатываемый материал

2. Траектория перемещения центра вращения подвижного рабочего вала симметрично расположена относительно горизонтальной линии, проходящей через ось закрепляющего рычага (3) на станину.

3. Траектория перемещения центра вращения подвижного рабочего вала имеет две точки соприкосновения с вертикальной линией, проходящей через оси вращающего рабочего вала.

Угол начала переходного процесса (α_1 и α_2) определяется по формулам работы [2].

Кинематический анализ переходного процесса этой схемы валковой пары проведен с целью определения скорости и ускорения центра вращения (O_2) подвижного рабочего вала, угловой скорости и ускорения рычага 3 в зависимости от угловой скорости вращательного рабочего вала и геометрических параметров валковой пары и обрабатываемого материала. Результаты анализа важны для динамического исследования рассматриваемой валковой пары, оценки динамических давлений на обрабатываемый материал со стороны подвижного рабочего вала, исследования межвалкового передаточного механизма и энергосиловых характеристик технологической валковой машины, где применяется такая схема валковой пары.

До начала технологического процесса зазора между рабочими валами нет, он находится в силовом замыкании в точке K , которая расположена на вертикальной линии, проходящей через оси вращения вращательного рабочего вала. С началом технологического процесса обрабатываемый материал с первоначальной толщиной δ втягивается в межвалковое пространство и деформируется. Деформация происходит до тех пор, пока вертикальная составляющая упругой силы обрабатываемого материала не сравняется с силой давления, оказываемой верхним подвижным валом на обрабатываемый материал.

После равенства этих сил обрабатываемый материал рассматриваем как жесткое прямоугольное тело. Это позволит дать оценку максимума величины кинематических и динамических параметров переходного процесса.

Пусть в момент равенства вышеуказанных сил толщина обрабатываемого материала будет δ_1 . В схеме это соответствует точкам A и B (рис. 2).

Точки A и B соединяем осями вращения вращательных и подвижных валков – O_1 и O_2 соответственно. Получим углы начала переходного процесса (α_1 и α_2). С момента равновесия вышеуказанных сил дальнейший проход обрабатываемого материала сопровождается подъемом подвижного вала со скоростью центра вращения $\bar{V}_{O_2}$ и с ускорением $\bar{a}_{O_2}$. Обозначив радиусы рабочих валов R_1 и R_2 , определяем $\bar{V}_{O_2}$ и $\bar{a}_{O_2}$.

Скорость точки A вычисляется по формуле [3]

$$\bar{V}_A = \omega_1 R_1. \quad (1)$$

Пренебрегая добавками на силы давления подвижного рабочего вала, возникающими в момент его подъема, можно считать, что толщина обрабатываемого материала δ_1 остается неизменной и линия AB всегда находится в вертикальном положении

Следовательно, можно записать

$$\bar{V}_A = \bar{V}_B, \quad (2)$$

$$\bar{V}_B = \omega_1 R_1, \quad (3)$$

где ω_1 – угловая скорость вращательного рабочего вала; R_1 – радиус вращательного рабочего вала.

Проведя перпендикуляры из точки B и O_2 к векторам скоростей $\bar{V}_B$ и $\bar{V}_{O_2}$, найдем мгновенный центр скоростей (P_2) подвижного рабочего вала 2. Продолжив линию P_2B , находим точку O'_1 .

Обозначив углы треугольника P_2BO_2 буквами φ , γ , θ и λ , находим эти углы в зависимости от параметров валковой пары и обрабатываемого материала. Из $\Delta O'_1BO_2$ запишем

$$\lambda = 180 - (\alpha_1 + \alpha_2). \quad (4)$$

Из ΔO_2P_2B определяем

$$\gamma = 180 - \lambda = 180 - (180 - (\alpha_1 + \alpha_2)) = \alpha_1 + \alpha_2, \quad (5)$$

$$\varphi = 180 - (\gamma + \theta) = 180 - (\alpha_1 + \alpha_2 + 90 - \alpha_2 + \beta) = 90 - (\alpha_1 + \beta), \quad (6)$$

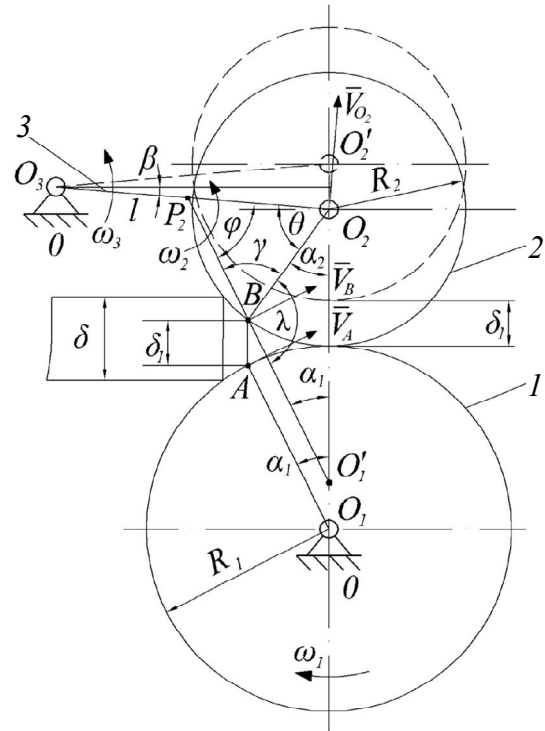


Рис. 2. Схема переходного процесса валковой технологической машины дугообразным перемещением центра вращения подвижного рабочего вала

$$\theta = (90 - \alpha_2) + \beta = 90 - (\alpha_2 - \beta). \quad (7)$$

Угол β определяется по формуле [1]

$$\beta = \arcsin \frac{\delta_l}{2L}, \quad (8)$$

где δ_l – толщина обрабатываемого материала; L – длина рычага.

Из $\Delta O_2 P_2 B$ в силу теоремы синусов можно определить длину отрезков $P_2 B$ и $P_2 O_2$:

$$2R \cos \alpha = 0.2357,$$

$$P_2 B = \frac{R_2 \sin \theta}{\sin \varphi} = \frac{R_2 \sin(90 - (\alpha_2 - \beta))}{\sin(90 - (\alpha_1 + \beta))} = \frac{R_2 \cos(\alpha_2 - \beta)}{\cos(\alpha_1 + \beta)}, \quad (9)$$

$$P_2 O_2 = \frac{R_2 \sin \gamma}{\sin \varphi} = \frac{R_2 \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\sin(90 - (\alpha_1 + \beta))} = \frac{R_2 \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\cos(\alpha_1 + \beta)}, \quad (10)$$

где R_2 – радиус подвижного рабочего вала.

Зная направление и величину скорости точки B , а также длину отрезка $P_2 B$, найдем угловую скорость мгновенного центра скоростей подвижного рабочего вала

$$\omega_{P_2} = \frac{V_B}{P_2 B}. \quad (11)$$

Учитывая (1) – (9), формулу (11) запишем в виде

$$\omega_{P_2} = \frac{V_B}{P_2 B} = \frac{\omega_1 R_1 \cos(\alpha_1 + \beta)}{R_2 \cos(\alpha_2 - \beta)}. \quad (12)$$

Скорость точки O_2 определяется по формуле

$$V_{O_2} = \omega_{P_2} \cdot P_2 O_2. \quad (13)$$

При учете (12) и (10) формула (13) примет вид

$$V_{O_2} = \frac{\omega_1 R_1 \cos(\alpha_1 + \beta)}{R_2 \cos(\alpha_2 - \beta)} \cdot \frac{R_2 \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\cos(\alpha_1 + \beta)} = \frac{\omega_1 R_1 \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{\cos(\alpha_2 - \beta)}. \quad (14)$$

Учитывая $\alpha_1 = \omega_1 t$, $\alpha_2 = \omega_2 t$, $\omega_1 = \frac{R_2}{R_1} \omega_2$ и дифференцируя уравнения (14) по времени, получим ускорение точки O_2

$$a_{O_2} = \omega_1^2 \frac{R_1 R_2 \cos(\alpha_1 + \alpha_2) \cos(\alpha_2 - \beta) + R_1^2 \cos(\alpha_1 + \beta)}{R_2 \cos^2(\alpha_2 - \beta)}. \quad (15)$$

Дифференцировав формулу (12), получим угловое ускорение подвижного вала

$$\varepsilon_{O_2} = (\omega_{P_2})',$$

$$\varepsilon_{O_2} = \omega_1^2 \frac{R_1^2 \cos(\alpha_1 + \beta) \sin(\alpha_2 - \beta) - R_1 R_2 \sin(\alpha_1 + \beta) \cos(\alpha_2 - \beta)}{R_2^2 \cos^2(\alpha_2 - \beta)}. \quad (16)$$

Угловая скорость рычага (3) определяется по формуле

$$\omega_3 = \frac{V_{O_2}}{L}, \quad (17)$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_1 R_1 \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{L \cos(\alpha_2 - \beta)}. \quad (18)$$

Угловое ускорение рычага определяется дифференцированием формулы (18):

$$\varepsilon_3 = \left(\frac{\omega_1 R_1 \sin(\alpha_1 + \alpha_2)}{L \cos(\alpha_2 - \beta)} \right)' = \omega_1^2 \frac{R_1 R_2 \cos(\alpha_1 + \alpha_2) \cos(\alpha_2 - \beta) + R_1^2 \cos(\alpha_1 + \beta)}{L R_2 \cos^2(\alpha_2 - \beta)}. \quad (19)$$

На практике в большинстве случаев диаметры рабочих валов равны $R_1 = R_2$, тогда $\alpha_1 = \alpha_2$. Следовательно, формулы (2.11) и (2.12) [2], (14), (15), (18), (19) примут вид

$$\alpha = \arccos \frac{2R - \delta_1}{2R}, \quad (20)$$

$$V_{O_2} = \frac{\omega_1 R \sin 2\alpha}{\cos(\alpha - \beta)}, \quad (21)$$

$$a_{O_2} = 2\omega_1^2 R \frac{\cos^3 \alpha \cos \beta - \sin^3 \alpha \sin \beta}{(\cos \alpha \cos \beta + \sin \alpha \sin \beta)^2}, \quad (22)$$

$$\omega_3 = \frac{\omega_1 R}{L} \frac{\sin 2\alpha}{\cos(\alpha - \beta)}, \quad (23)$$

$$\varepsilon_3 = \frac{\omega_1^2 R}{L} \frac{\cos 2\alpha \cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)}{\cos^2(\alpha - \beta)}. \quad (24)$$

При учете (8) и (20) формулы (21) – (24) примут следующий вид:

$$V_{O_2} = 2\omega_1 L \frac{(2R - \delta_1) \sqrt{4R\delta_1 - \delta_1^2}}{(2R - \delta_1) \sqrt{4L^2 - \delta_1^2} + \delta_1 \sqrt{4R\delta_1 - \delta_1^2}}, \quad (25)$$

$$a_{O_2} = 2\omega_1^2 L \frac{\left((2R - \delta_1)^3 \sqrt{4L^2 - \delta_1^2} - \delta_1 (4R\delta_1 - \delta_1^2) \sqrt{4R\delta_1 - \delta_1^2} \right)}{((2R - \delta_1) \sqrt{4L^2 - \delta_1^2} + \sqrt{4R\delta_1 - \delta_1^2} \delta_1)^2}, \quad (26)$$

$$\omega_3 = 2\omega_1 \frac{\sqrt{4R\delta_1 - \delta_1^2} (2R - \delta_1)}{(2R - \delta_1) \sqrt{4L^2 - \delta_1^2} + \delta_1 \sqrt{4R\delta_1 - \delta_1^2}}, \quad (27)$$

$$\varepsilon_3 = 2\omega_1^2 \frac{\left((2R - \delta_1)^3 \sqrt{4L^2 - \delta_1^2} - \delta_1 (4R\delta_1 - \delta_1^2) \sqrt{4R\delta_1 - \delta_1^2} \right)}{((2R - \delta_1) \sqrt{4L^2 - \delta_1^2} + \sqrt{4R\delta_1 - \delta_1^2} \delta_1)^2}. \quad (28)$$

Начало отсчета углов α_1 и α_2 возьмем от начала переходного процесса. При этом

$$\alpha_1 = \varphi_1 - \alpha_1, \quad \alpha_2 = \varphi_2 - \alpha_2,$$

где α_1 и α_2 меняются от α_1 до 0° и от α_2 до 0° , а φ_1 и φ_2 берутся в начале равными α_1 и α_2 .

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Abdukarimov Abdusalam, Bakhadirov Gairat, Saidakhmedova Nodira, Saidakulov Ismoil. Synthesis of rolling pairs by arc-like displacements of the center of rotation of movable shaft. International Journal of Modern Manufacturing Technologies. Vol. VI. 2014. No. 1. С. 6 – 12.
- [2] Абдукаримов А. Анализ и синтез передаточных механизмов валковых машин с переменным межосевым расстоянием рабочих валов: Дис. ... канд. техн. наук. Ташкент: ИМСС, 1995. – 158 с.
- [3] Фролов К. В. и др. Теория механизмов и машин. Учебник для вузов. М.: Высшая школа, 1987. – 496 с.

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

Дата поступления
01.08.2015

А. Абдукаримов. Кўчувчи ишчи валининг айланиш маркази ёйсимон ҳаракатланувчи валли технологик машинанинг ўтиш жараёни кинематикаси

Мақолада кўчувчи ишчи валининг айланиш маркази ёйсимон ҳаракатланувчи валли технологик машинанинг ўтиш жараёни кинематикаси назарий таҳлил қилинган.

A. Abdukarimov. Kinematics of a roller transition process of technological machine with arcuate moving the rotation centre of the movable operating shaft

The article theoretical investigation on kinematics of the transition process of technological roller machine with arched movement of the center of rotation of the movable operating shaft was made.

УДК 629.114.2

А.А. АХМЕТОВ, Ш.А. АХМЕДОВ

ОЦЕНКА СТАТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ПЕРЕДНЕЙ БАЛКИ С РЕГУЛИРУЕМЫМ КЛИРЕНСОМ ПРИ ЗАНОСЕ ТРАКТОРА

В последние годы наметились некоторые тенденции в направлении замены имеющегося парка универсально-пропашных тракторов их более мощными энергонасыщенными моделями (MX-135, MXM-140, TS-130, TL-100, Arion 680, Axos и др.). Однако из-за низкоклизренности и сравнительно большого радиуса поворота по сравнению с трехколесными тракторами они не применяются для междурядных обработок посевов хлопчатника. Между тем в хлопководстве это направление считается приоритетным.

Практика возделывания хлопчатника показывает, что в хлопководстве для обеспечения вписываемости конструкции в междурядья с развитыми кустами хлопчатника, а также для обеспечения минимального радиуса поворота на серийно выпускаемых универсально-пропашных тракторах производят замену низкоклизренного переднего моста на высококлизренный и монтируют дополнительные конечные передачи. С одной стороны, это удорожает стоимость трактора, а с другой – требует дополнительных денежно-трудовых затрат. Но, несмотря на все эти трудности, для междурядной обработки посевов хлопчатника, в основном, используют трехколесные универсально-пропашные тракторы, пренебрегая их недостатками в сравнении с четырехколесными тракторами.

В целях устранения недостатков серийных четырехколесных тракторов в СКБ «Трактор» начаты работы по нескольким направлениям, в том числе и по созданию универсально-пропашного трактора с регулируемым клиренсом [1]. На основе проведенных НИР и ОКР разработана конструкторская документация на изготовление опытного образца переднего моста с регулируемым клиренсом. Новизна конструкции этого моста защищена патентом (UZFAP 00903). Она позволяет изменять агротехнический просвет трактора по переднему мосту.

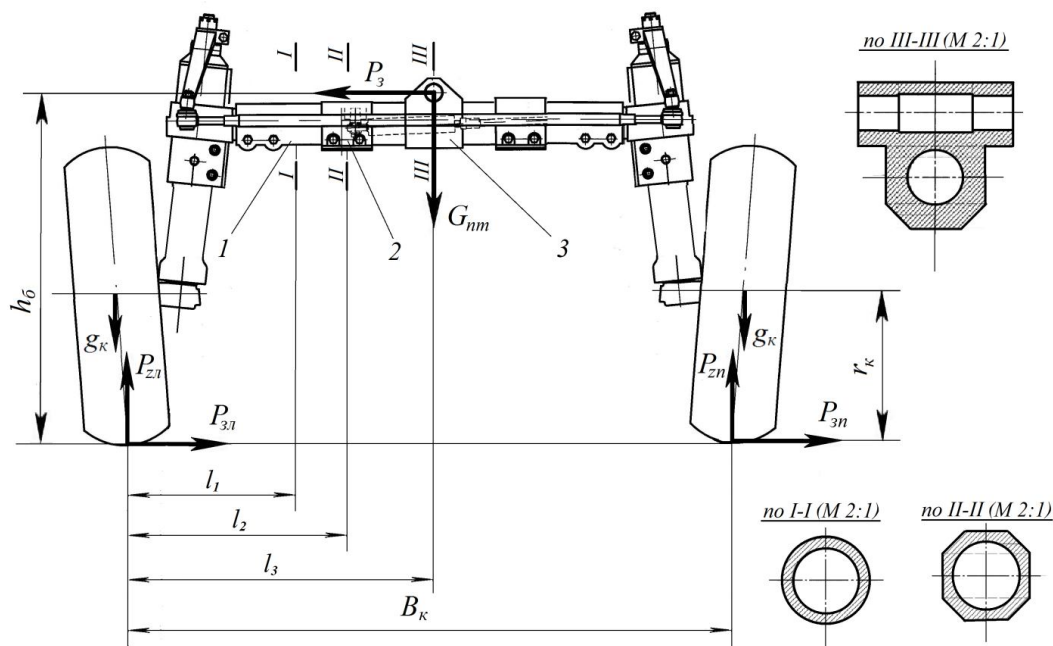
Передний мост (рисунок) выполнен унифицированным и его можно установить на тракторе как ТТЗ - 1030, так и ТТЗ - 80.10.

Основное назначение трактора, снабженного передним мостом с регулируемым клиренсом, – транспортные работы и механизация полевых работ по предпосевной обработке почвы, посеву, возделыванию и уборке различных видов сельскохозяйственных культур при его агрегатировании с навесными, полуприцепными или прицепными сельскохозяйственными машинами и орудиями.

Кроме того, трактор может быть использован в других областях (коммунальное хозяйство, строительство и ремонт дорог и др.) как транспортное средство и как база для навески на него дорожно-строительных, коммунальных и иных машин.

Основным несущим элементом разрабатываемого моста является передняя балка, к которой монтируются все узлы и детали переднего моста.

Для оценки правильности заложенных в конструкцию параметров возникла необходимость в исследовании статической прочности передней балки разрабатываемого переднего моста, особенно в экстремальных условиях работы трактора. Одним из таких экстремальных условий является случай, когда происходит занос (боковое скольжение при поворотах) трактора. Поэтому исследование напряжений, возникающих при заносе в конструкциях переднего моста трактора, имеет определенный научный интерес.



Передний мост с регулируемым клиренсом со схемой сил, действующих при заносе: 1 – проставка; 2 – боковой корпус; 3 – средний корпус

В литературных источниках достаточно много материалов по исследованию и расчету напряжений, возникающих в узлах переднего моста, в частности, в передней балке при заносе трактора [2, 3]. Однако в этих исследованиях расчеты передней балки на изгиб проводятся у оси качения колес без учета напряжений, возникающих в характерных сечениях самой балки. Поэтому исследование напряжений, возникающих при заносе в конструкции самой передней балки, в ее характерных сечениях, дает возможность оценки правильности выбранных при его проектировании параметров и рекомендаций в дальнейшей эксплуатации по правильной загрузке переднего моста.

Исследования и расчет на статическую прочность балки разрабатываемого переднего моста при боковом скольжении при экстремальных видах нагружения произведены по трем характерным сечениям, соответствующим проставке, среднему и боковому корпусу балки. В качестве исходной нагрузки принята максимально возможная нагрузка (по грузоподъемности шин передних колес).

При движении трактора на переднюю балку передается вертикальное усилие от сил тяжести колес g_k и передней части трактора G_{nm} , а также горизонтальное – толкающее усилие P_k .

При заносе трактора поперечное усилие достигает своего максимального значения, а продольное усилие отсутствует. При таком нагружении передней балки происходит перераспределение массы трактора по осям колес, при котором одно из колес догружается, а другое – разгружается. С учетом этого обстоятельства и на основе исходных данных (табл. 1), заложенных в конструкцию переднего моста трактора, производим расчет напряжений изгиба по наиболее характер-

ным сечениям передней балки, т.е. по сечениям: I – I (проставки), II – II (бокового) и III – III (среднего корпуса балки).

Таблица 1

Исходные данные для расчета

Наименование показателей и единица их измерения	Значение показателей	
1	2	
Колея передних колес B_k , мм	1800	
Статический радиус переднего колеса r_k , мм	450	
Максимально допустимая грузоподъемность переднего колеса, кгс	2300	
Коэффициент сопротивления боковому сдвигу ϕ_l	0.6	
Сила тяжести одного переднего колеса со ступицей g_k , кгс	110	
Размер h_o , мм	750	
Исследуемые участки балки	Материал	Предел текучести σ_T , МПа
Проставка 1030-3001024	35Л	280
Корпус балки боковой TLP2-3001029	Сталь 40	340
Корпус балки средний TLP2-3001021	Сталь 40	

Согласно рисунку, изгибающие моменты $M_{ил}$ и $M_{ин}$, создающие напряженное состояние в рассчитываемых сечениях I – I, II – II и III – III, определяются по формулам

$$M_{ил} = P_{zl} \cdot l_i - P_{zl} \cdot h_o; \quad (1)$$

$$M_{ин} = -P_{zn} \cdot (B - l_i) - P_{zn} \cdot h_o, \quad (2)$$

где P_{zn} и P_{zl} – соответственно вертикальная сила реакции почвы на правое и левое колеса, Н (кгс); l_i – расстояние от оси левого колеса до рассчитываемого сечения, мм; P_{zn} и P_{zl} – сила реакции почвы к заносу соответственно правого и левого колес, Н (кгс); h_o – высота расположения оси качения передней балки, мм.

Результаты расчета, произведенные, согласно выражениям (1) и (2), на основе исходных данных (табл. 1), занесены в табл. 2.

Таблица 2

Усилия, действующие на передний мост и изгибающие моменты

Опора	P_k , кгс	G_{nm} , кгс	P_z , кгс	$P_{zn(i)}$, кгс	$P_{zl(i)}$, кгс	M_u , кгс·мм при		
						$l_1=498$ мм	$l_2=765$ мм	$l_3=900$ мм
Левая	0	4600	2760	3340	2070	110820	1002600	1453500
Правая				1040	690	1871580	1593900	1453500

Напряжение изгиба σ_u в сечениях определяется выражением

$$\sigma_u = \frac{M_u}{W_u}, \quad (3)$$

где W_u – момент сопротивления изгибу сечения, мм³.

Момент сопротивления изгибу в сечении I – I определяется, согласно рисунку, по следующей формуле:

$$W_u = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}, \quad (4)$$

где D и d – внешний и внутренний диаметры проставки, мм.

Момент сопротивления изгибу сечения II – II

$$W_u = \frac{\Sigma I_x}{y_{\max}}, \quad (5)$$

где ΣI_x – момент инерции сложного сечения, мм⁴; $y_{\max}$ – расстояние от оси до наиболее удаленной точки сечения, мм.

Сечение II – II имеет сложную конфигурацию, момент инерции которого будет

$$\Sigma I_x = I_{x1} - I_{x2} + 2I_{x3}, \quad (6)$$

где I_{x1} ; I_{x2} ; I_{x3} – моменты инерции 1 – 3 частей сложного сечения, мм⁴.

Сечение III – III имеет также сложную конфигурацию, момент инерции которого будет

$$\Sigma I_x = I_{x1} - I_{x2} - 2I_{x3} + I_{x4} - I_{x5} + I_{x6}, \quad (7)$$

где I_{x1} ; I_{x2} ; I_{x3} ; I_{x4} ; I_{x5} ; I_{x6} – моменты инерции 1, 2 – 6 частей сложного сечения, мм⁴.

Координата $Y_{ЦТ}$ центра тяжести сечения

$$Y_{ЦТ} = \frac{\sum_1^4 F_i y_i}{\sum_1^4 F_i}, \quad (8)$$

где F_i – площадь i -го элемента, мм².

Подставляя числовые значения в уравнение (3), определяем напряжение изгиба в сечениях (табл. 3).

Таблица 3

Напряжения изгиба в сечениях и коэффициент запаса прочности сечения

Сечение	M_u , кгс·мм	W_u , мм ³	σ_u , кгс/мм ² (МПа)	n_T	$[n_T]_{\min}$
I-I	1871580	119936.9	15.6 (153.04)	1.83	2.1
II-II	1593900	179963.9	8.86 (86.9)	3.91	
III-III	1453500	740447.93	1.96 (19.26)	17.65	

Статическая прочность балки переднего моста при боковом скольжении оценивается по коэффициенту запаса прочности сечений балки переднего моста, которая определяется по пределу текучести материала следующим выражением:

$$n_T = \frac{\sigma_T}{\sigma_u} \geq [n_T]_{\min}, \quad (9)$$

где $[n_T]_{\min}$ – минимально допустимый коэффициент запаса прочности.

В расчетах на статическую прочность по пределу текучести минимально допустимый коэффициент запаса прочности определяется по формуле

$$[n_T]_{\min} = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3, \quad (10)$$

где n_1 – коэффициент, учитывающий точность определения действующих нагрузок, $n_1=1 - 1.4$; принимаем $n_1=1$, так как расчет проводится по грузоподъемности шин; n_2 – коэффициент, учитывающий ответственность детали, $n_2=1.2 - 1.5$; принимаем $n_2=1.5$, так как поломка балки вызывает аварию; n_3 – коэффициент, учитывающий надежность и свойства материала, принимаем $n_3=1.4$.

Результаты расчета на статическую прочность балки переднего моста при боковом скольжении сведены в сводную табл. 3.

Результаты расчета показали, что при рассмотренном виде нагружения и максимально допустимой загрузке переднего моста наименьший коэффициент запаса прочности имеет сечение I-I ($n_T=1.83$), следовательно, условие прочности (9) в этом сечении не выполняется, тогда как в двух остальных сечениях оно выполняется.

Проведенные исследования также показали, что путем варьирования параметров, заложенных в конструкцию проставки, можно добиться достаточной прочности передней балки. Установлено также, что для обеспечения условия статической прочности в сечении *I-I* необходимо: либо не допустить нагрузку на передний мост более чем 87.14 % от максимально допустимой нагрузки (по грузоподъемности шин передних колес), либо увеличить толщину стенки проставки от 14 до 17.6 мм, т.е. на 3.6 мм.

Таким образом, в сечениях *II – II* и *III – III* статическая прочность балки переднего моста при боковом скольжении удовлетворяет условие прочности. При неизменной конструкции передней балки для обеспечения условия статической прочности сечений *I – I* нагрузка на передний мост не должна превышать более чем 87.14 % от величины максимально допустимой нагрузки. При максимально допустимой (100 %-ной) нагрузке передней балки для обеспечения условия статической прочности в сечении *I – I* необходимо увеличить толщину стенки проставки от 14 до 17.6 мм, т.е. на 3.6 мм.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ахметов А. А. Передние мосты универсально-пропашного трактора хлопкового назначения / Под ред. Матчанова Р.Д. Ташкент: Фан, 2014. – 176 с.
- [2] Анилович В. Я., Водолажченко Ю. Т. Конструирование и расчет сельскохозяйственных тракторов. М.: Машиностроение, 1976. – 456 с.
- [3] Беспятей Ф. С., Троицкий И. Ф. Конструкция, основы теории и расчет трактора. М.: Машиностроение, 1972. – 502 с.

Специальное конструкторское бюро «Трактор»

Дата поступления
08.07.2015

А.А. Ахметов, Ш.А. Ахмедов. Эскирган тракторда клиренси ўзгартириладиган кўприк олдинги балкасини статик мустаҳкамлиги баҳолаш

Ушбу мақолада тўрт гилциракли универсал-чопиқ тракторини янги клиренси ўзгартириладиган олдинги кўпригини конструкцияси ҳамда ушбу кўприк олдинги балкаси статик мустаҳкамлиги шартини таъминлаш бўйича олиб борилган изланишларнинг натижалари келтирилган.

A.A. Ahmetov, Sh.A. Ahmedov. Evaluation of the static strength of the front frame with adjustable ground clearance when skidding tractor

The article presents the design of a new front axle with adjustable clearance four-wheel-uni-transversally tilled traktorai results of research to ensure that the conditions of the static strength of the front beam of the bridge.

УДК 677.01

А. ДЖУРАЕВ, А.П. МАВЛЯНОВ, Дж. МИРАХМЕДОВ, Х. ХОЛТУРАЕВ

ОБОСНОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ УПРУГОЙ ОПОРЫ СЕТЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОЧИСТИТЕЛЯ ХЛОПКА ОТ МЕЛКОГО СОРА

В рекомендуемой сороотводящей сетчатой поверхности очистителя волокнистого материала, выполненной из штампованной листовой стали, изогнутой по дуге с отверстиями, к ее углам приварены стальные втулки, в которых установлены пальцы, жестко соединенные с корпусом очистителя. При этом между пальцами и втулками установлены упругие резиновые втулки, причем две упругие втулки, установленные в начале зоны протаскивания волокнистого материала, имеют больший диаметр относительно двух втулок, установленных в конце зоны протаскивания волокнистого материала [1].

Предлагаемая конструкция сетчатой поверхности очистителя волокнистого материала поясняется чертежом, где на рис. 1, а представлена общая схема сетчатой поверхности в рабочем положении, а на рис. 1, б – сечение А-А.

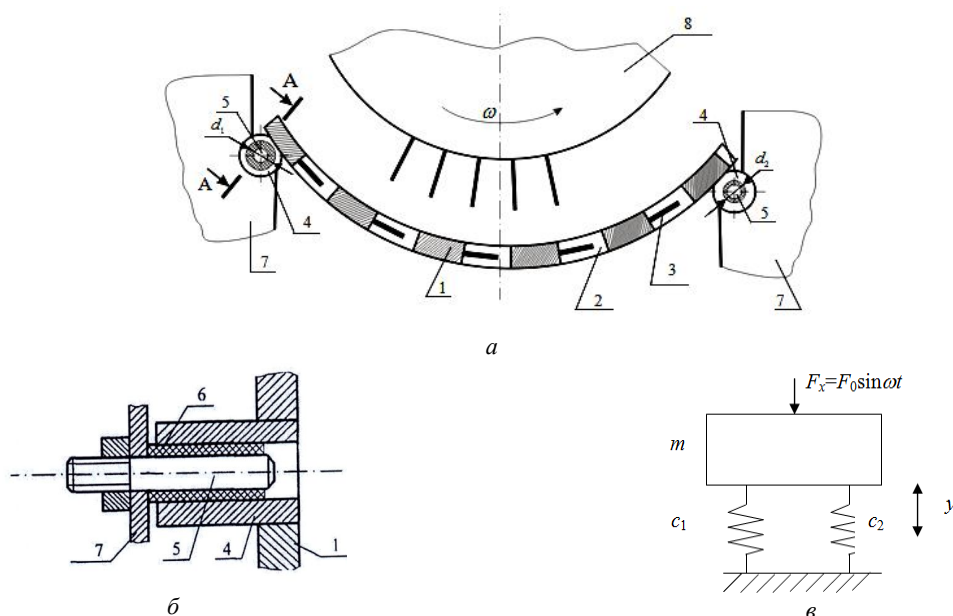


Рис. 1. Принципиальная (а, б) и расчетная (в) схемы сетчатой поверхности на упругих опорах очистителя хлопка от мелкого сора

Сетчатая поверхность очистителя волокнистого материала состоит из сороотводящей сетки 1 с отверстиями 2. Сороотводящая сетка 1 по краям в четырех углах имеет жестко соединенные с ним втулки 4, в которые входят пальцы 5, жестко соединенные с корпусом 7 очистителя. Между втулкой 4 и пальцами 5 установлены упругие (резиновые) втулки 6. Над сороотводящей сеткой 1 установлен колковый барабан 8.

В процессе работы хлопок-сырец захватывается колками барабана 8 и протаскивается по сетчатой поверхности 1. При этом хлопок в зоне контакта подвергается циклическому воздействию кромками отверстий 2. Вследствие этого хлопок получает высокочастотные колебания и встряхивается. Выделяющиеся при этом сорные примеси выпадают через отверстия 2. При этом за счет большой массы хлопка, находящейся на поверхности сетки 1, происходят некоторые деформации упругих втулок 6. Так как масса протаскиваемого хлопка-сырца меняется со временем, также изменяются и деформации втулок 6. Это приводит к колебаниям сетки 1 с определенной частотой и амплитудой. При этом в начале зоны протаскивания хлопка-сырца колебания сетки 1 будут происходить с наибольшей амплитудой за счет большего диаметра ($d_1 > d_2$, толщина) упругих втулок 6 в этой зоне, а в конце зоны протаскивания хлопка-сырца амплитуда колебаний сетки 1 будет наименьшей. Частота и амплитуда колебаний сетки 1 зависят от жесткости упругих втулок 6, массы сетки 1, изменения массы протаскиваемого хлопка. Колебания сетки 1 значительно интенсифицируют выделение сорных примесей, что приводит к увеличению очистительного эффекта на 12 – 17 %.

Расчетная схема колебаний сетчатой поверхности на упругих опорах очистителя хлопка от мелкого сора представлена на рис. 1, в. Согласно этой схеме, используя принцип Даламбера [2], составим дифференциальное уравнение колебаний системы

$$m\ddot{y} + b\dot{y} + (c_1 + c_2)y = F_0 \sin \omega t, \quad (1)$$

где m – масса сетчатой поверхности; b – коэффициент диссипации упругих опор; c_1, c_2 – коэффициенты жесткости упругих опор; F_0 – амплитуда колебаний изменения технологического сопротивления от протаскиваемого хлопка-сырца; ω – частота изменения технологического сопротивления.

Для решения уравнения (1) воспользуемся стандартной методикой, согласно [3]. При этом для установившегося режима движения получены

$$y = \frac{F_0 \sin(\omega t - \alpha)}{\sqrt{(p_0^2 - \omega^2)^2 + 4n^2 \omega^2}}, \quad (2)$$

где $2n = \frac{b}{m}$; $p_0^2 = \frac{c_1 + c_2}{m}$; $F_0' = \frac{F_0}{m}$.

При этом амплитуда вынужденных колебаний сетчатой поверхности на упругих опорах очистителя хлопка равна

$$y_0 = \frac{y_{cm}}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{p_0^2}\right)^2 + \left(\frac{2n\omega}{p_0^2}\right)^2}}, \quad (3)$$

где $y_{cm} = \frac{F_0}{c_1 + c_2}$.

Следует отметить, что амплитуда силы реакции опоры пропорциональна амплитуде деформации упругих опор сетчатой поверхности:

$$R_{дин} = (c_1 + c_2)y_0 = \frac{F_0}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{p_0^2}\right)^2 + \left(\frac{2nm}{p_0^2}\right)^2}}. \quad (4)$$

Учитывая это, можно определить коэффициент динамичности системы

$$K_{дин} = \frac{R_{дин}}{F_0} = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \frac{\omega^2}{p_0^2}\right)^2 + \left(\frac{2nm}{p_0^2}\right)^2}}. \quad (5)$$

Важным является определение рекомендуемых значений амплитуды колебаний сетчатой поверхности, так как ее значительное увеличение приводит к снижению зазора между концами колков барабана и сетчатой поверхностью. Это может способствовать увеличению поврежденности волокон и семян хлопка, а в некоторых случаях – и забою хлопка.

На рис. 2 представлены графические зависимости изменения амплитуды вынужденных колебаний сетчатой поверхности на упругих опорах в установившемся режиме от изменения амплитуды внешней технологической нагрузки от хлопка-сырца при различных значениях массы сетчатой поверхности. Как установлено, увеличение амплитуды возмущающей силы от $0.2 \cdot 10^2$ до $0.71 \cdot 10^2$ Н приводит к возрастанию амплитуды колебаний сетчатой поверхности очистителя в установившемся режиме от $0.4 \cdot 10^{-3}$ до $2.93 \cdot 10^{-3}$ м при $m=1.8$ кг, а при массе сетчатой поверхности 5.2 кг y_0 , соответственно, увеличивается по линейной закономерности от $0.18 \cdot 10^{-3}$ до $0.94 \cdot 10^{-3}$ м. Для обеспечения необходимого зазора между концами колков и сетчатой поверхностью $0.018 - 0.022$ м рекомендуемыми значениями параметров являются: $m=3.0 - 4.5$ кг; $y_0=(1.1 - 2.4) \cdot 10^{-2}$ м; $F_0=(0.45 - 0.60) \cdot 10^2$ Н.

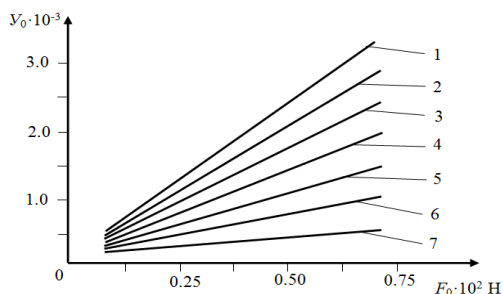


Рис. 2. Зависимость изменения амплитуды колебаний сетчатой поверхности на упругих опорах от изменения амплитуды технологической нагрузки при m , равном, кг: 1 – 1.8; 2 – 2; 3 – 2.8; 4 – 3.3; 5 – 4.4; 6 – 5.2; 7 – 6.1

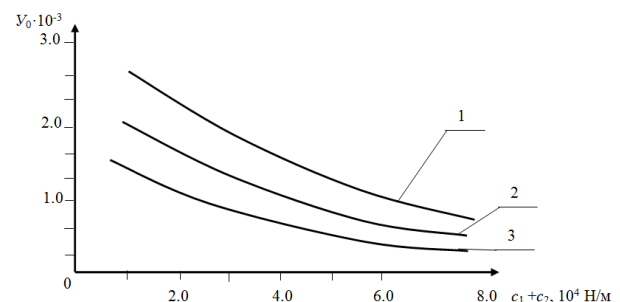


Рис. 3. Зависимость изменения амплитуды колебаний сетчатой поверхности на упругих опорах от изменения приведенной жесткости упругих опор при F_0 , равном, Н: 1 – $0.58 \cdot 10^2$; 2 – $0.43 \cdot 10^2$; 3 – $0.21 \cdot 10^2$

На рис. 3 приведены графические зависимости изменения амплитуды колебаний с сетчатой поверхности очистителя хлопка от мелкого сора в установившемся режиме от вариации значений приведенной жесткости упругих опор. С увеличением приведенной жесткости упругих опор амплитуда колебаний сетчатой поверхности уменьшается по нелинейной закономерности. Так, при увеличении жесткости от $2.0 \cdot 10^4$ до $7.75 \cdot 10^4$ Н/м при $F_0 = 0.58 \cdot 10^2$ Н амплитуда y_0 уменьшается от $2.52 \cdot 10^{-3}$ до $0.69 \cdot 10^{-3}$ м. При $F_0 = 0.21 \cdot 10^2$ Н амплитуда уменьшается от $1.28 \cdot 10^{-3}$ до $0.22 \cdot 10^{-3}$ м. Для обеспечения необходимых значений амплитуды колебаний $(1.1 - 2.4) \cdot 10^{-3}$ м рекомендуемыми значениями приведенной жесткости упругих опор сетчатой поверхности очистителя считаются $(2.2 - 5.3) \cdot 10^4$ Н/м.

Для оценки динамической нагруженности упругих опор сетчатой поверхности важны значения коэффициента динамичности $K_{удин}$.

На рис. 4 представлены графические зависимости изменения коэффициента динамичности опоры сетчатой поверхности от вариации приведенной жесткости упругих резиновых втулок. Как видно, значение $K_{дин}/K_{дин}^*$ уменьшается с увеличением приведенной жесткости упругих опор сетчатой поверхности очистителя хлопка. Для рекомендованных значений приведенной жесткости упругих опор $(2.2 - 5.3) \cdot 10^4$ Н/м безразмерное значение коэффициента динамичности находится в пределах $K_{дин}/K_{дин}^* = 0.55 - 1.61$ при вариации частоты возмущающей технологической силы $(35 - 49) \text{ с}^{-1}$.

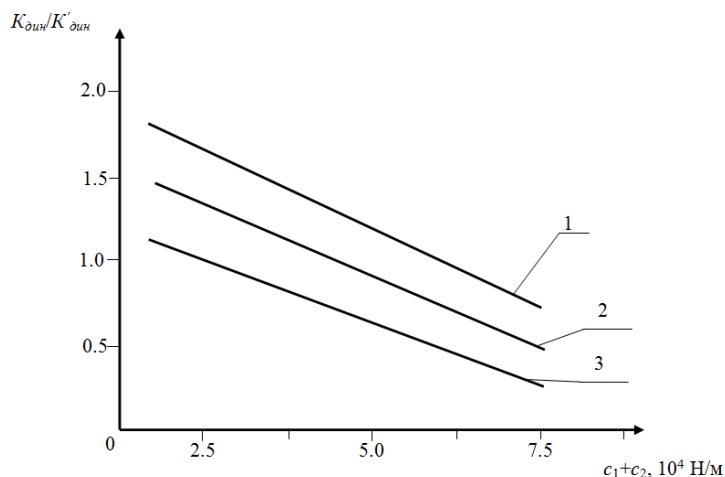


Рис. 4. Зависимость изменения коэффициента динамичности упругой опоры сетчатой поверхности от изменения приведенной жесткости упругих опор при ω , равном, с^{-1} : 1 – 35; 2 – 42; 3 – 49

Таким образом, рекомендована сетчатая поверхность на упругих опорах очистителя хлопка от мелкого сора. Изучены и обоснованы значения амплитуды колебаний, а также приведенной жесткости упругих опор сетчатой поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Джуроев А. и др. Сетчатая поверхность очистителя волокнистого материала. Патент FAP 00696 // Бюлл. 2012. № 2.
- [2] Бать М. И. и др. Теоретическая механика. М.: Наука, 1964. – 654 с.
- [3] Светлицкий В. А. и др. Сборник задач по теории колебаний. М.: Высшая школа, 1973. – 456 с.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Дата поступления
23.04.2015

А. Джуроев, А.П. Мавлянов, Дж. Мирахмедов, Х. Холтураев. Пахтани майда чиқиндилардан тозалашнинг сеткали юзаси қайишқоқ таянчи бикирлигини асослаш

Мақолада пахтани майда чиқиндилардан тозалаш машинасининг сеткали юзаси қайишқоқ элементли таянчи бўлган конструкцияси тузилиши, ишлаш принципи келтирилган. Қайишқоқ элемент бикирлиги асослаб берилган.

A. Djuraev, A.P. Mavlyanov, J. Muxamedov, H. Holturaev. Substantiations of rigidity of an elastic support of a mesh surface of a cleaner clap from small objection

In article the design and a principle of work of a cleaning grid of a clap from small rubbish with a mesh surface equipped elastic elements in support is resulted. It is proved rigidity of an elastic support.

АНАЛИЗ КОЛЕБАНИЙ РЫЧАГА С РЕЙКОЙ МЕХАНИЗМА ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРИ СТАЧИВАНИИ ИХ РАЗЛИЧНОЙ ТОЛЩИНЫ В ШВЕЙНОЙ МАШИНЕ

Для обеспечения необходимого закона движения рейки нами предлагается конструкция механизма перемещения материала швейной машины, который снабжен накопителем энергии в виде конической пружины, действующей при горизонтальном перемещении рейки. Механизм выполнен в виде замкнутой кинематической цепи [1] и состоит (рис. 1, а) из корпуса 1, шарнирно соединенных с ним кривошипов 2 и 13, а другими их концами шарнирно связаны с шатунами 3 и 12. В свою очередь левые плечи 4, 11 двуплечих рычагов шарнирно соединены с шатунами 3 и 12, а правое плечо 5 – с рычагом 6. Плечо 10 шарнирно связано с ползуном 8, шарнирно связанным с рычагом 6. На правый торец рычага 6 упирается коническая пружина 9, другой конец которой жестко соединен с корпусом 1. Рейка 7 жестко прикреплена к рычагу 6. На рис. 1, б представлена расчетная схема рекомендуемого механизма.

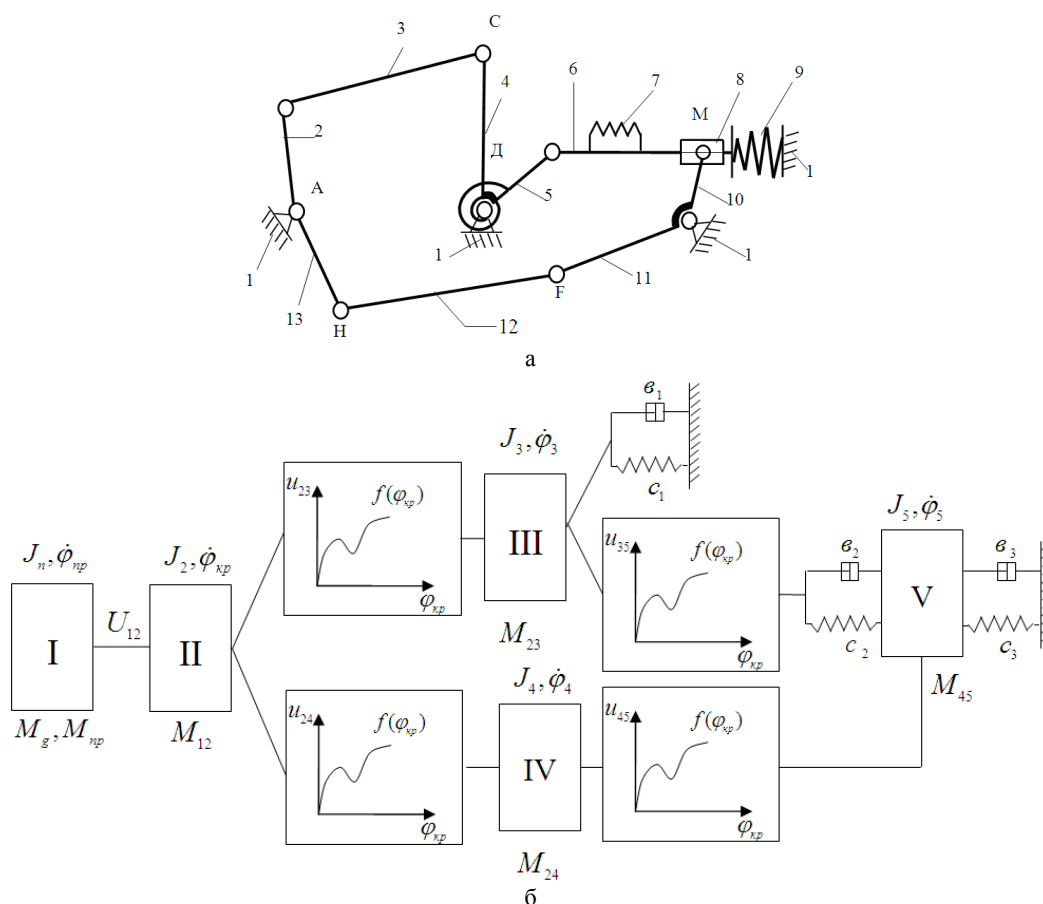


Рис. 1. Механизм перемещения материала швейной машины (а) и его расчетная схема с упругими элементами (б)

При выводе математической модели машинного агрегата с механизмом перемещения материала нами приняты следующие допущения: звенья механизмов (кроме упругих пружин, накопителей энергии и резиновой втулки составной кинематической пары) абсолютно жесткие; зазоры в системах отсутствуют, потери в опорах пренебрежительно малы; масса шатунов не учитывается в виде их незначительности; момент инерции рычага с рейкой и камнем принят постоянным, используется среднее значение общего сопротивления. Вывод математической модели, описывающей движение машинного агрегата с механизмом перемещения материала, приведен с использо-

ванием уравнений Лагранжа второго рода [2, 3]. Согласно известной методике, получили следующую систему дифференциальных уравнений движения машинного агрегата с замкнутым восьми-звенным механизмом перемещения материала с упругими элементами в виде

$$\begin{aligned}
\dot{M}_g &= 2 \cdot M_\kappa \cdot \omega_c - 2 \cdot M_\kappa \cdot p \cdot \dot{\varphi}_{np} - \omega_c \cdot S_\kappa \cdot M_g; \\
(J_{нв} + J_{np}) \cdot \ddot{\varphi}_{np} &= M_g - M_{12} - M_{np}; \\
(J'_{кр} + J''_{np}) \cdot \ddot{\varphi}_{np} &= u_{12} \cdot M_{12} - M_{23} - M_{24}; \\
J_3 \cdot \ddot{\varphi}_3 &= u_{23}(\varphi_{кр}) \cdot M_{23} - \epsilon_1 \cdot \dot{\varphi}_3 - \epsilon_2 \cdot [\dot{\varphi}_3 - u_{35}(\varphi_3) \cdot \dot{\varphi}_5] - \\
&- c_1 \cdot \varphi_3 - c_2 \cdot [\varphi_3 - u_{35}(\varphi_3) \varphi_5] \cdot \left(1 - \frac{\partial u_{35}(\varphi_3)}{\partial \varphi_3}\right); \\
J_4 \cdot \ddot{\varphi}_4 &= u_{24}(\varphi_{кр}) \cdot M_{24} - M_{45}; \\
(J_5 + J_p + J_n) \cdot \ddot{\varphi}_5 &= u_{45}(\varphi_4) \cdot M_{45} + u_{45}(\varphi_3) \cdot \epsilon_2 \cdot [\dot{\varphi}_3 - u_{35}(\varphi_3) \cdot \dot{\varphi}_5] + \\
&+ u_{35}(\varphi_3) \cdot c_2 \cdot [\varphi_3 - u_{35}(\varphi_3) \varphi_5] - \epsilon_3 \cdot \dot{\varphi}_5 - c_3 \cdot \varphi_5 - M_{cn},
\end{aligned} \tag{1}$$

где $\varphi_{np}, \varphi_{кр}, \varphi_3, \varphi_4, \varphi_5$ – угловые перемещения соответственно вала привода и масс; $J_{нв}, J_{np}$ – момент инерции нижнего вала и приведенных к нему масс системы; $J'_{кр}, J''_{кр}, J_3, J_4, J_5, J_p, J_n$ – моменты инерции соответственно кривошипов, коромысел, рычага, рейки и ползуна; $u_{12}, u_{23}(\varphi_{кр}), u_{24}(\varphi_{кр}), u_{35}(\varphi_3), u_{45}(\varphi_4)$ – передаточные отношения между массами; $M_{12}, M_{23}, M_{24}, M_{45}$ – передаваемые крутящие моменты между массами; $c_1, c_2, c_3, \epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$ – коэффициенты жесткости и диссипации упругих элементов машинного агрегата; M_{np}, M_{cn} – сопротивления, приведенные к нижнему валу, и технологическое сопротивление материалов перемещению.

Решение задачи динамики пятимассового машинного агрегата с механизмом перемещения материала проводили при следующих исходных значениях параметров: $P_d=0.4$ кВт; $n=2900$ об/мин; $\omega_c=314$ 1/с; $\omega_o=102.6$ 1/с; $J_{нв}=0.06 \cdot 10^{-5}$ кгм²; $J_{np}=0.442 \cdot 10^{-5}$ кгм²; $J'_{кр}=0.35 \cdot 10^{-5}$ кгм²; $J''_{кр}=0.412 \cdot 10^{-5}$ кгм²; $J_3=0.16 \cdot 10^{-4}$ кгм²; $J_4=0.18 \cdot 10^{-4}$ кгм²; $J_5=0.067 \cdot 10^{-4}$ кгм²; $J_p=0.046 \cdot 10^{-4}$ кгм²; $J_n=0.017 \cdot 10^{-4}$ кгм²; $c_1=1.12 \cdot 10^3$ Нм/рад; $\epsilon_1=1.12 \cdot 10^3$ Нм·с/рад; $c_2=0.86 \cdot 10^3$ Нм/рад; $\epsilon_2=0.612 \cdot 10^3$ Нм·с/рад; $c_3=1.05 \cdot 10^3$ Нм/рад; $\epsilon_3=0.7 \cdot 10^3$ Нм·с/рад; $u_{12}=1.0$; $f=1.0$ Гц.

Следует отметить, что коэффициент жесткости пружины сжатия c_{3n} рассчитан для прямолинейной деформации. Поэтому для получения кругового значения жесткости воспользуемся ме-

тодической, приведенной в работе [4]. При этом $c_3 = \frac{\Delta_n \cdot c_{3n} \cdot l_p}{\varphi_5}$, где Δ_n – линейная деформация

пружины; l_p – длина рычага с рейкой; φ_5 – угловое перемещение рычага с рейкой.

В рассматриваемой системе внешнее технологическое сопротивление от перемещения материалов действует на рычаг с рейкой только в рабочем режиме работы. Среднее значение технологического сопротивления зависит от количества слоев сшиваемых материалов. На рис. 2 приведены закономерности угловых колебаний рычага с рейкой при изменении технологического сопротивления от перемещаемого материала, а на рис. 3 – графические зависимости изменения амплитуды колебаний рычага с рейкой A_{φ_5} от вариации значений M_{cn}^{cp} при изменении l_3 . Из полученных зависимостей видно, что увеличение M_{cn}^{cp} от 0.1 до 0.5 Нм приводит к уменьшению A_{φ_5} от 0.251 до 0.141 рад при $l_3=3.0 \cdot 10^{-2}$ м в холостом режиме. В рабочем режиме A_{φ_5} уменьшается от 0.128 до 0.42 рад при $l_3=3.0 \cdot 10^{-2}$ м, а при $l_3=2.0 \cdot 10^{-2}$ м уменьшается от 0.63 до 0.22 рад. Это объясняется тем, что с увеличением количества слоев сшиваемых материалов увеличивается момент сопротивления на рычаг с рейкой, приводящий к деформациям упругой втулки в шарнире между

рабочим плечом коромысла перемещения с рычагом с рейкой, за счет которого уменьшается и изменяется форма углового перемещения рычага с рейкой в рабочем режиме. Поэтому при сшивании многослойных материалов (четыре и более) целесообразно увеличение жесткости упругой втулки в шарнире рычага с рейкой до $(1.8 - 2.4) \cdot 10^3$ Нм/рад.

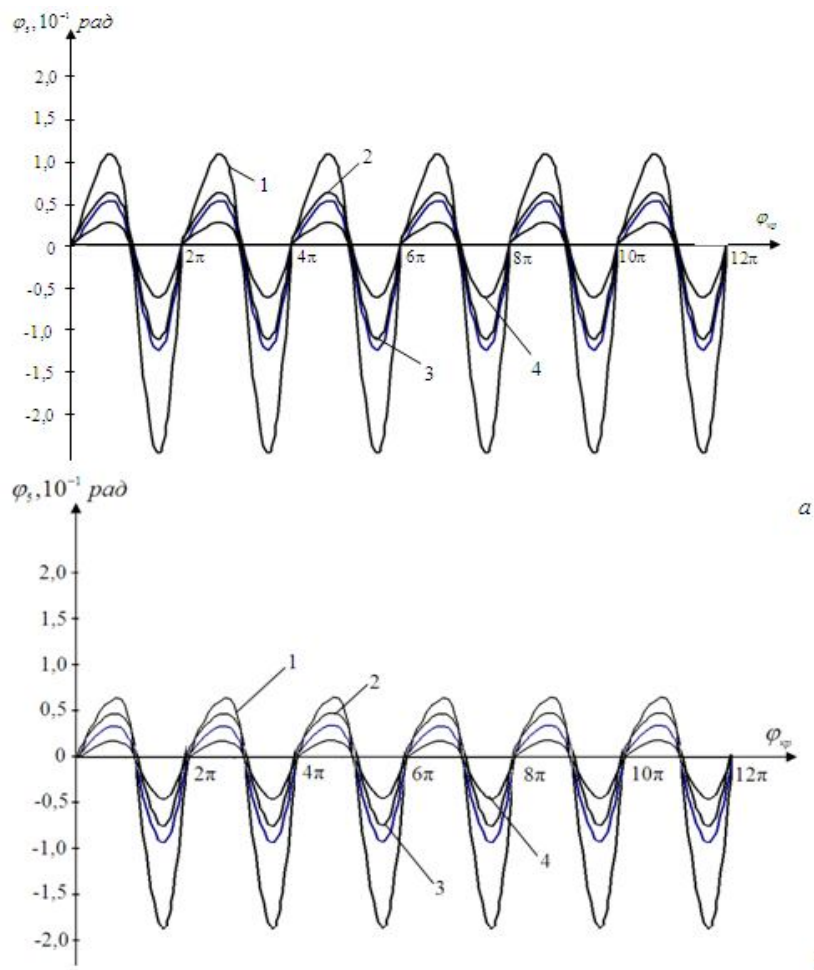


Рис. 2. Закономерности изменения угловых перемещений рычага с рейкой при вариации технологического сопротивления от перемещения материала в швейной машине: а – при $M_{cp}=0.19\sin\omega_{kp}t$; б – при $M_{cp}=0.31\sin\omega_{kp}t$; 1 – при $l_3=3.0 \cdot 10^{-2}$ м; 2 – при $l_3=2.3 \cdot 10^{-2}$ м; 3 – при $l_3=2.0 \cdot 10^{-2}$ м; 4 – при $l_3=1.5 \cdot 10^{-2}$ м

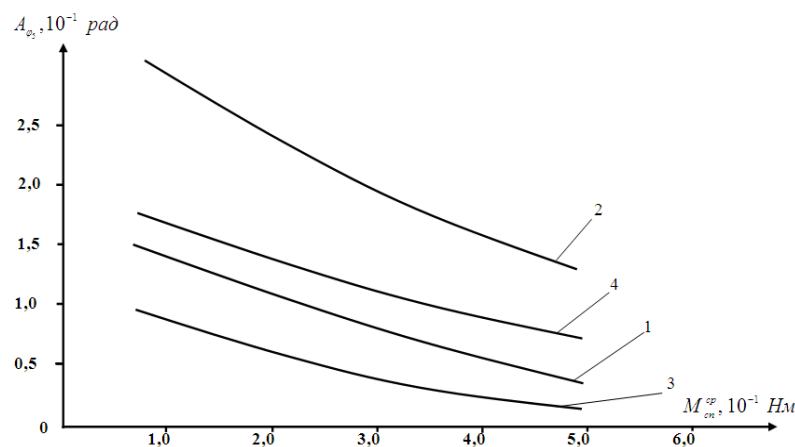


Рис. 3. Зависимости изменения амплитуды колебаний угловых перемещений рычага с рейкой в холостом и рабочем режимах от изменения среднего значения технологического сопротивления материалов при их перемещении: 1, 2 – при $M_{cp}^{cp}=0.22$ Нм и $l_3=2.0 \cdot 10^{-2}$ м; 3, 4 – при $M_{cp}^{cp}=0.34$ Нм и $l_3=3.0 \cdot 10^{-2}$ м; 1, 3 – рабочий ход; 2, 4 – обратный ход

В рекомендуемом замкнутом восьмизвенном рычажном механизме перемещения материалов швейной машины важен выбор необходимых упруго-диссипативных характеристик упругих элементов, обеспечивающих законы движения рейки и снижение нагрузки на привод в рабочем режиме.

Анализ полученных закономерностей изменения φ_5 показывает, что за каждый оборот кривошипа – первой массы машинного агрегата рычаг с рейкой также совершает один цикл колебаний. При этом на амплитуду колебаний непосредственно влияют длины рабочих плеч коромысел l_3 и l_4 механизма перемещения материала при исходных значениях параметров машинного агрегата. Увеличение значений l_3 и l_4 приводит к возрастанию амплитуды угловых колебаний рычага с рейкой. В рабочем режиме перемещения материала за счет действия технологического сопротивления, влияния параметров упругих элементов амплитуда колебаний рычага с рейкой снижается и имеет искаженную форму [5]. За счет влияния пружины кручения в опоре коромысла перемещения, а также пружины в конце рычага с рейкой в холостом режиме накапливается энергия, а в рабочем режиме перемещения материала отдается эта энергия, ускоряя движение рычага с рейкой. При этом, хотя период перемещений рычага в рабочем и холостом режимах одинаков, амплитуды разные.

В рабочем режиме перемещения материала (при $M_{cn}^{cp}=0.15$ Нм) с увеличением рабочей длины (а также и момента инерции) l_4 от $1.0 \cdot 10^{-2}$ до $3.5 \cdot 10^{-2}$ м амплитуда колебаний рычага с рейкой увеличивается от 0.118 до 0.151 рад при $l_3=3.0 \cdot 10^{-2}$ м, а при $l_3=2.0 \cdot 10^{-2}$ м значение A_{φ_5} возрастает от 0.05 до 0.154 рад. При этом эллиптический характер траектории рейки в рабочем режиме перемещения материала имеет искаженный вид и возникает прямолинейная зона [6]. Это приводит к более равномерному контакту зубьев рейки с перемещаемыми материалами и к равномерности получаемых стежков в строчке. С учетом вышеизложенного рекомендуемыми значениями являются следующие: длина рабочего плеча коромысла перемещения $l_4=(1.6 - 2.6) \cdot 10^{-2}$ м; длина рабочего плеча коромысла подъема рейки $l_3=(1.1 - 1.5) \cdot 10^{-2}$ м и соответственно $J_3=(0.15 - 0.18) \cdot 10^{-4}$ кгм²; $J_4=(0.18 - 0.22) \cdot 10^{-4}$ кгм².

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Умарова З.М., Джураев А.Д., Муродов О., Мансурова Д.С. Механизм перемещения материала швейной машины. Патент РУз. № FAP 00689 // Бюлл. 2012. № 1.
- [2] Джураев А.Д. Моделирование динамики машинных агрегатов хлопкоперерабатывающих машин. Ташкент: Фан, 1994. – 128 с.
- [3] Воронков И.М. Курс теоретической механики. М.: Техн. теор. литературы, 1954. – 552 с.
- [4] Джураев А.Д. и др. Структурный, кинематический и динамический анализ рычажно-шарнирных муфт с упругими элементами карданных механизмов. Фергана: Изд-во «Фергана», 2013. – 116 с.
- [5] Мансурова М.А. Влияние параметров рычага с рейкой на силу сжатия пружины накопителя энергии в механизме перемещения материалов швейных машин // Проблемы текстиля. Ташкент. 2015. № 2. С. 70 – 73.
- [6] Мансурова М.А. Влияние жесткости пружины кручения на режимы движения рабочего органа механизма перемещения материалов в швейной машине // Узбекский журнал «Проблемы механики». Ташкент. 2015. № 2. С. 62 – 65.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Дата поступления
10.03.2015

М.А. Мансурова. Тикув машинасида турли қалинликдаги материалларни тикишда суриш механизмининг рейкаси ричаги тебранишларини таҳлили

Мақолада материални суриш механизмининг рейкаси ричагини тебранишлари технологик қаршиликни ўзгаришига боғлиқ равишда таҳлил қилинган, параметрлари асосланган.

M.A. Mansurova. The analysis of fluctuations of the lever with reyka the mechanism of moving of materials at grinding of the various thickness of materials in the sewing-machine

In article the analysis of fluctuations of the lever with reyka the mechanism of moving of materials is resulted at change of technological resistance parametres are proved.

Ш.Ш. ХАКИМОВ

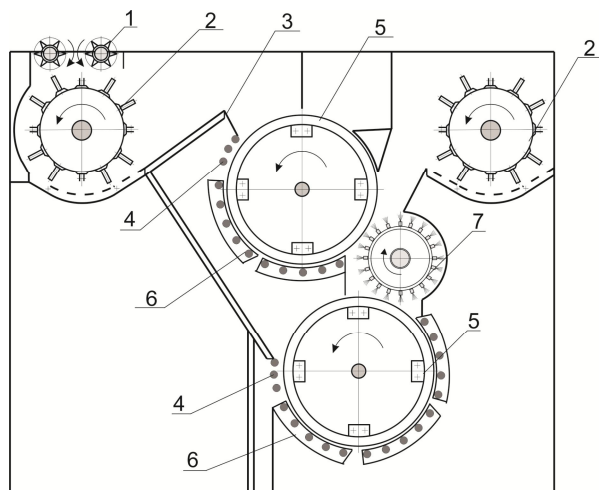
ПАХТАНИ ЙИРИК ИФЛОСЛИКЛАРДАН ТОЗАЛАГИЧЛАРДА
ИЛДИРУВЧИ МОСЛАМАНИ АМАЛИЙ ЎРГАНИШ

Ҳозирги пайтда ЧХ ва УХК русумидаги пахта тозалаш машиналарида пахтани аррачали барабан юзасига илдириш учун бир-хил илдирувчи чўткали мослама ишлатилади [1].

Бу илдирувчи чўткали мослама, ёғоч ва унинг тешиклариغا кўплаб капрон иплар тўкилиб ташкил этилган. Беш дона чўтка, ариқчаси бор металл мосламага жойлаштирилиб болтлар билан маҳкамланади ва тўлиқ илдирувчи чўткали мосламани ташкил этади. Илдирувчи чўткали мослама пахтани аррача тишларига мустаҳкам илаштириб беради ва илашган пахта бўлаклари аррачали барабан ҳаракат йўналишида колосникларга урилиб тозаланади.

Мавжуд илдирувчи мосламанинг асосий камчилиги, унинг бир қисми бўлган чўтка капрон ипларининг етарлича қаттиқликка эга бўлмаганлиги ва тез ейилишидир. Бошланғич ҳолатда капрон ип ва аррача тишлари орасидаги тирқиш 0 – 2 мм. бўлади. Тозалаш машинаси ишлаганда чўтка капрон иплари пахта хом-ашёси ва ифлосликлар билан ишқаланиши натижасида ейилади, унинг узунлиги қисқаради, қаттиқлиги ва пахта бўлакларини илаштириш қобилияти камаяди. Бунинг натижасида тозалаш машинасининг самарадорлиги пасаяди ва чиқинди таркибида пахта бўлаклари кўпаяди. Чўтканинг капрон иплари ейилиши критик ҳолатга яқинлашиши билан уларни тўлиқ алмаштириш талаб этилади. Бу эса ишлаб-чиқариш харажатларининг ошишига сабаб бўлади. Ундан ташқари чўтка капрон иплари бир-бирига жуда яқин жойлаштирилганидан бу илдирувчи мослама эркин ҳолдаги ифлосликларнинг ажралишига тўсқинлик қилади ва уларнинг янада пахта хом-ашёсига бирикишига сабабчи бўлади.

Чўткали илдирувчи мосламанинг юқорида таъкидланган камчиликлари ҳисобга олиниб, янги илдирувчи мослама яратиш бўйича изланишлар олиб борилди. Изланишлар 1-расмда кўрсатилган лаборатория ускунада бажарилди.



1- расм. Пахта тозалаш лаборатория ускунаси:
1 – таъминлаш валиги; 2 – қозикчали барабан;
3 – йўналтирувчи лоток; 4 – илдирувчи мослама;
5 – аррачали барабан; 6 – колосникли панжара;
7 – чўткали ажратувчи барабан

Таклиф этилаётган илдирувчи мослама, кўндаланг кесими доира шаклидаги уч дона стерженлардан 4 иборат бўлиб, илдириш ва тозалаш жараёни кечиши учун йўналтирувчи лоток 3 ва аррали цилиндр 5 йўналишидаги биринчи тозаловчи колосникли панжара 6 оралиғига аррачали цилиндрга параллел равишда ўрнатилади.

Бу мослама ва аррачали барабан юзаси орасидаги масофа пахта геометрик ўлчамларига мос келиши ҳисобига пахта аррачали барабан юзаси билан таъсирлашиб унинг юзасига илдирилади.

Лаборатория ускунаси қўйидаги тарзда ишлайди: пахта таъминлаш валиклари 1 ёрдамида қозикчали барабанга 2 узатилади, титилиб йўналтирувчи лоток 3 орқали аррачали барабан 5 юзасига тушган пахта хом-ашёси аррачали барабан юзаси ва илдирувчи биринчи стержен оралиғида илдирилиш жараёнига

тушади, илдирилишга улгурмаган пахта бўлаклари иккинчи стерженда аррачали барабан юзаси билан таъсирлашади, худди шу жараён учинчи стерженда ҳам давом этади ва колосникли панжаранинг 6 биринчи тозалаш колоснигига қадар барча пахта хом-ашё бўлаклари барабан юзасига ишончли илдирилади. Бундан ташқари илдирувчи стерженлар билан таъсирдаги пахта бўлаклари стерженлар орасидан ўтиш даврида импульсив ҳаракатланади ва улардан майда ифлос аралашмалар ажралиб чиқади. Аррачали барабан юзасидаги пахта хом-ашёси колосникли панжара

6 билан таъсири натижасида тозаланади, сўнгра у ажратувчи барабан 7 ёрдамида ажратиб олинади ва қозиқчали барабанга 2 узатилади.

Стерженлар ва аррачали юза орасидаги масофа изланиш [2] га кўра 16 мм танлаб олиниб стерженлар орасидаги масофани аниқлаш учун амалий изланишлар олиб борилди. Пахтанинг арра тишларига илашиш жараёнида стерженлар орасидан тушиб кетмаслик шарти билан улар орасидаги масофа 10 – 20 мм. ўзгаришида ўрганилди.

Изланишлар даврида, 2-саноат сортли, 2-синф Наманган-77 селекциясидаги пахта, 10 кг миқдорида, уч такрорийликда лаборатория ускунасида тозаланди. Амалий изланишлар натижаси, 1-жадвалда келтирилган. Бу натижалардан, чиқинди таркибидаги пахта бўлаклари миқдори ва тозалаш самарадорлиги стерженлар орасидаги масофа ошиши билан ошиб боради. Тозалаш самарадорлиги ва чиқинди таркибидаги пахта бўлаклари миқдори ўртасидаги нисбат ҳисобга олинса, тозалагич учун энг самарали кўрсаткич, стерженлар орасидаги масофа 14 – 16 мм. бўлганда эришилади.

1-жадвал

Стерженлар ва аррачали юза орасидаги масофа ўзгаришида тозалаш самарадорлиги

№	Кўрсаткичлар	Стерженлар орасидаги масофа, мм					
		10	12	14	16	18	20
1	Тозалаш самарадорлиги, %	81.6	82.1	83.2	84.6	85.8	87.6
2	Чиқиндилар таркибидаги пахта миқдори, %	2.7	2.9	2.9	2.9	3.3	4.3
3	Чигитнинг механик шикастланиши, %	1.8	1.8	1.8	1.8	1.7	1.7
4	Тозаланган пахтадаги эркин тола миқдори, %	0.032	0.032	0.031	0.030	0.029	0.028

Юқорида кўрсатилган лаборатория ускунасига навбатма-навбат мавжуд чўткали илдирувчи мослама ва таклиф этилаётган стерженли илдирувчи мослама қўйилиб қиёсий амалий изланишлар олиб борилди. Бу қиёсий изланишлар натижасидан (2-жадвал), янги илдирувчи мослама қўйилган лаборатория тозалагич ускунасининг тозалаш самарадорлиги, мавжуд чўткали мослама қўйилган ускунага нисбатан, 2.6 % юқори, тозаланган пахтада эркин тола миқдори 0.016 % га кам, чиқинди таркибидаги пахта миқдори мавжуд ва таклиф этилаётган мослама қўйилган ускунада бир-хил эканлигини таъкидлашимиз мумкин.

2-жадвал

Чўткали илдирувчи ва стерженли илдирувчи мосламаларнинг тозалаш самарадорлигини солиштириш

№	Кўрсаткичлар	Чўткали илдирувчи мослама қўйилган ускунада	Стерженли илдирувчи мослама қўйилган ускунада
1	Тозалаш самарадорлиги, %	82.2	84.8
2	Чиқиндилар таркибидаги пахта миқдори, %	2.8	2.8
3	Чигитнинг механик шикастланиши, %	1.9	1.8
4	Тозаланган пахтадаги эркин тола миқдори, %	0.047	0.031

Ишлаб-чиқариш синовлари натижалари: мавжуд ва таклиф этилаётган илдирувчи мосламаларни ишлатилганда чиқиндилар таркибида пахта бўлаклари миқдори мавжуд чўткали мосламада 240 соатда, чиқиндидаги пахта миқдори 4.8 % дан 11.0 % га ошишини, таклиф этилаётган мосламада мос равишда 5.0 % дан 6.8 ўзгаришини кўрсатди. Бу эса лаборатория шароитида ўтказилган тажриба натижаларини тасдиқлади.

Агар чўткали илдирувчи мосламанинг тозалагичнинг ишлаши даврида ейилишини, вақт ўтиши билан чиқинди таркибида пахта бўлакларини ошишини ва таклиф этилаётган мослама ейилиш даражаси жуда кам эканлигини ҳисобга олсак, бу мослама юқори иқтисодий самара беради. Янги илдирувчи мосламага фойдали модель сифатида патент олинди [3].

АДАБИЁТЛАР

- [1] Справочник по первичной обработке хлопка. Тошкент: Мехнат, 1994. 1-том.
- [2] А г з а м о в М. Влияние зазора между колосником и пыльчатый барабаном на очистительный эффект // Хлопковая промышленность. 1983. № 2.

[3] Хакимов Ш.Ш. ва бошқалар. Чигитли пахта тозалагичи. Фойдали моделга патент № FAP 00958. 08.09.2014 й.

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

14.07.2015 й.
кабул қилинган

Ш.Ш. Хакимов. Изучение устройства для закрепления в очистителях крупного сора

Разработана новая конструкция устройства для закрепления хлопка-сырца на пальчатом барабане, состоящая из трех стержней круглого сечения, которые устанавливаются вместо притирочной щетки перед очищающими колосниками. Исследования показали, что для достижения высокого очистительного эффекта при минимальном выпадении летучек хлопка-сырца в отходы зазор между стержнями должен быть в пределах от 14 до 16 мм.

Sh.Sh. Khakimov. Practical research into the hooking device in cotton cleaning machines

The new device proposed hook the form of a circle cross-section consists of three rod, and the root of the cleaning process to be set in the first before cleaning bars. The effectiveness of the cleaning of the waste and taking into account the ratio between the numbers of pieces of cotton to the purifier is the most effective instrument; the distance between the rod 14 – 16 mm. is achieved.

УЎК 677.21.021.152

М.Т. ХОДЖИЕВ, И.З. АББАЗОВ

**ПАХТАНИ ҚАЙТА ИШЛАШ ЖАРАЁНИДА ЧИҚАЁТГАН ЧАНГ ҲАВОНИ
ТОЗАЛАШДА ЗАРРАЧАЛАРНИНГ МОДЕЛИНИ ҚУРИШ**

Хозирги кунда Республикамизни асосий бойликларидан бўлган пахтани етиштириш ва уни қайта ишлашга жуда катта эътибор қаратилмоқда.

Юртимизда ҳозирги кунда 98 та пахта тозалаш корхоналари ишламоқда. Уларда йилига ўртача 3450 минг тонна пахта қайта ишланиб, маҳсулотлар олинмоқда. Бугунги кунда пахта тозалаш корхоналарида юқори сифатли пахта толаси олиш муаммоси билан бир қаторда технологик жараёнлардан ажралиб чиқаётган чанг ҳавони тозалаш жараёни ҳам асосий муаммолардан биридир.

Пахта тозалаш корхоналарида чиқаётган чангли чиқиндиларни тозалаш бугунги кунда долзарб муаммолардан биридир, бунга ҳозирги кунда катта эътибор берилаётган экологик муаммолар билан ҳам чамбарчас боғлиқдир. Бу экологик муаммони ҳал қилиш атроф муҳитга ҳамда инсонлар саломатлигига жуда катта фойда келтиради.

Ушбу муаммони ҳал этиш мақсадида пахта тозалаш корхоналарида қўлланилаётган чанг ушлагичларда заррачаларни ҳаракатини ўрганиш устида изланишлар олиб борилди.

ЦС-6, СП-3, УЦВ-1,5, УЦВ-3М чанг ушлагичларининг иш унуми ва тозалаш самарадорлиги паст. ВЗП-800, ВЗП-1200 ва ВЗП-М3 қарама-қарши оқимли чанг ушлагичларининг иш унумдорлиги кўп бўлса ҳам, ҳозирда саноатда ишлатилмаяпти.

Юқорида келтирилган чанг ушлагичларни тозалаш самарадорлигини амалда текшириб кўриш учун Тошкент вилояти “Пахтасаноат” ҳудудий акциядорлик бирлашмаси ва Тошкент вилоят “Атмосфера ҳавосини муҳофаза қилиш қўмитаси” билан ҳамкорликда пахта тозалаш корхоналаридан чиқаётган чангли ҳаво концентрациясини аниқланди.

Атмосферага чиқаётган чангнинг концентрациясини аниқлашнинг бир неча (калориметрик, нефелометрик, титрометрик, индикацион, оптик, электр ва стандарт ёки гравиметрик ва бошқа) усуллари мавжуд бўлиб, булардан энг қулай ва пахта саноатида фойдаланиладигани стандарт усули экан [1 – 4].

Ушбу усулни ишлаш принципи қўйидагича: олдиндан оғирлиги ўлчанган филтёр орқали маълум миқдорда чангли ҳаво ўтказилади. Ҳаво ўтказиб бўлинганидан сўнг филтёрнинг оғирлиги қайта ўлчанади. Филтёрлар оғирлигининг фарқини (мг) шу филтёр орқали сўрилган ҳавонинг ҳажмига нисбати билан ўлчанадиган катталиқ орқали атмосферага чиқаётган чангнинг концентрацияси аниқланади. Бу катталиқ мг/м³ да ўлчанади.

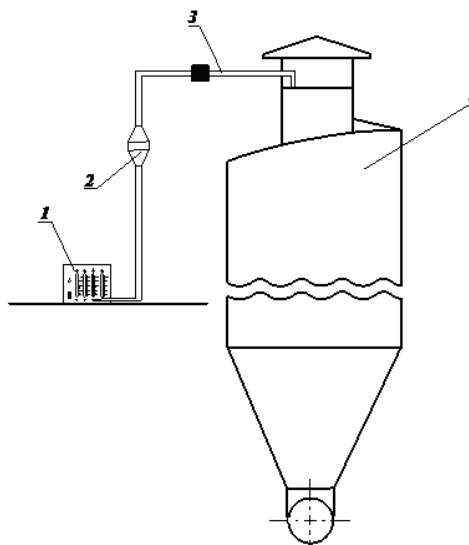
Намуна оловчи материал ҳисобида АФА фильтрини танлаб оламиз. Бу фильтр жуда майда чанг заррачаларини ҳам яхши ушлаб қолади, аэродинамик қаршилиги кам, бу эса катта ҳажмда (100 л/мин гача) ҳавонинг ўтишига имкон беради. Бундан ташқари, АФА фильтри намни ўзидан итариш хусусиятига эга.

Фильтр орқали ўтаётган ҳавонинг миқдорини ротаметр ёки реометр асбоблари ҳамда Мигунов аспиратори ёрдамида ўлчанади.

Реометр асбоби сўрилатган ҳаво ҳажмини ўзгартириш имконини берувчи тўртта диафрагма билан таъминланган (1-расм). Ҳар бир реометр ўз шахсий паспортга эга.

Чангни концентрациясини аниқлаш қурилмасини жойлаштиришнинг умумий кўриниши 1-расмда келтирилган.

Тажриба натижаларига кўра атмосферага чиқаётган чанг концентрацияси меъёрдан юқори экан (1-жадвал). Бу корхона ишчиларига ва корхона атрофидаги аҳоли яшаш пунктларига катта зарар келтиради, албатта.



1-расм. Чанг концентрациясини аниқлаш схемаси:
1 – Реометр; 2 – Патрубка;
3 – Ҳаво сўрилувчи найча; 4 – ЦС-6 чанг ушлагичи

1-жадвал

Чанг ушлагичлардан атмосферага чиқаётган чангнинг концентрацияси

№	Ускуна тури	Вакт Т, мин.	Ҳавонинг ҳажми Q, л/мин	АФА фильтрининг тажрибадан олдинги оғирлиги g1, мг	АФА фильтрининг тажрибадан сўнг оғирлиги g2, мг	Чиқаётган чангнинг концентрацияси C, мг/м ³
1	ЦС-6	5	10	1.31245	13.00615	257.0044
2	ЦС-6	5	10	1.0135	12.4869	252.1626
3	ЦС-6	5	10	1.2111	12.11915	239.7374

Ўтказилган амалий тажрибалар натижасида чанг ушлагичларда атмосферага чиқаётган чанг концентрацияси юқори эканлиги аниқланди.

Бу муаммони ҳал қилиш мақсадида дастлаб пахта тозалаш қувурларида ҳаракатланаётган ҳавонинг тезлигини 64 м/с деб олиб, заррачанинг ҳаракатланиш модели тузилди. Бунда биз Лагранжнинг 2-тур тенгламасидан фойдаланиб, қўйидаги тенгламалар системасида чанг заррачаларини чанг ушлагич деворларига етиб боргунича ҳаракат траекториясини ҳисоблаймиз

$$\begin{aligned}\ddot{r} &= r \cdot \dot{\varphi}^2 + \frac{c \cdot S_0}{2 \cdot m} \cdot (v_r - \dot{r}), \\ \ddot{\varphi} &= -\frac{2\dot{r}\dot{\varphi}}{r} + \frac{c \cdot S_0}{2 \cdot m \cdot r^2} \cdot (v_\varphi - r \cdot \dot{\varphi}), \\ \ddot{z} &= \frac{c \cdot S_0}{2 \cdot m} (v_z - \dot{z}) + g,\end{aligned}\quad (1)$$

бу ерда r – чанг заррачасини ишчи юзага кириш радиуси, м; φ – заррачанинг бурилиш бурчаги, рад; v_r , v_φ , v_z – ҳаво оқимини ўқлар бўйича тезлиги, м/с; m – заррачанинг массаси, кг; g – эркин тушиш тезланиши, м/с²; z – горизантал ўқ, м; c – заррачани олд томондаги қаршилик коэффиценти (ҳисоб китобда $c \approx 0.65$); S_0 – заррачанинг таъсирлашиш юзаси м²;

(1) тенгламалар системаси $r=r_0$, $z=z_0$, $\varphi=0$, $\dot{r}=0$, $\dot{z}=0$, $\dot{\varphi}=0$ бошланғич шартларда Рунге-Кутте усули билан сонли ечилади.

Бу тенгламалар системаси ечимидан фойдаланиб, чанг заррачаларини чанг ушлагичнинг деворларига етиб келиш траекториясини аниқлаймиз. Чанг заррачасининг цилиндр сиртига етиш вақтини $t=t_0$ билан белгилаб, $t>t_0$ чанг заррачасининг девор бўйлаб ҳаракатини ушбу дифференциал тенгламасини ҳосил қиламиз.

$$\ddot{\varphi} = c \cdot \frac{\rho S_0}{2r^2 \cdot m} (v_\varphi - r\dot{\varphi}) \cdot F_1 - f \cdot \frac{\rho S_0}{2mr^2} \cdot v_r \cdot \frac{r\dot{\varphi}}{\sqrt{r^2\dot{\varphi}^2 + \dot{z}_2}},$$

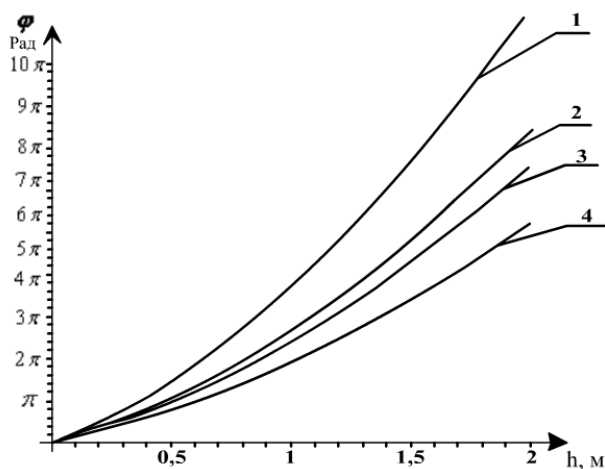
$$\ddot{z} = c \cdot \frac{\rho S_0}{2 \cdot m} (v_z - \dot{z}) \cdot F_1 - f \cdot \frac{\rho S_0}{2 \cdot m} \cdot v_r \cdot \frac{\dot{z}}{\sqrt{r^2\dot{\varphi}^2 + \dot{z}_2}}, \quad (2)$$

бу ерда

$$F_1 = \sqrt{(v_\varphi - r\dot{\varphi})^2 + (v_z - \dot{z})^2};$$

бу (1) ва (2) тенгламалар системасидан фойдаланиб, заррача траекторияси унинг оғирлигига боғлиқлиги ўрганилди.

Пахта тозалаш корхоналаридан чиқаётган чанглари чанг ушлагичда тозаланаётганда чанг ушлагичнинг самарадорлиги заррачаларнинг чанг ушлагич ички қисмида айланишлар сонига тўғри пропорционал ҳисобланади. Заррача девор бўйлаб қанчалик кўп ҳаракатланса, шунчалик чанглardan тозаланадиган экан. Чанг заррачасининг оғирлиги ҳам бунга таъсир кўрсатар экан. Чанг фракцияларининг оғирлиги заррачанинг чанг ушлагич девори бўйлаб ҳаракатланиш ва унинг девор бўйлаб айланишлар сонига таъсир қилишини ўрганилди ва 2-расмда келтирилган натижалар олинди.



2-расм. Чанг заррачалари траекториясининг заррача фракциясига таъсири:

- 1 — фракциянинг узунлиги 2 мм да; 2 — фракциянинг узунлиги 4 мм да;
3 — фракциянинг узунлиги 6 мм да; 4 — фракциянинг узунлиги 8 мм да

ушлагичнинг тозалаш самарадорлиги яхши бўлар экан.

4 мм дан узун бўлган толали бўлакчалар фракцияларини ушлаб қолиб, сўнгга қолган фракцияли толали чиқиндиларни ушлаб қолиб қолган чангли ҳаво оқими чанг ушлагичларга жўнатилса, чанг ушлагичларнинг тозалаш самарадорлиги техник характеристикасига мос бўлган 93 – 96 % га кўтариладиган экан.

Чанг ушлагичларга кираётган чангли ҳаво таркибидаги узунлиги 4 мм дан катта бўлган толали чиқиндиларни ушлаб қолиш учун Самарқанд вилояти “Метан” пахта тозалаш корхонаси, Тошкент вилояти “Қорасув” ва “Мустақиллик” пахта тозалаш корхоналаридаги чанг ушлагичлар устида ўз изланишларимизни олиб бордик. 2 ва 3-жадвалларда ўтказилган тажриба натижалари келтирилган.

2-расмдан заррачанинг узунлиги қанчалик кичик бўлса, шунчалик чанг ушлагич ичида айланишлари сони кўпаядиган экан.

Пахта тозалаш корхоналаридан чиқаётган чанг заррачалари 3 фракцияга бўлинади:

1. Ўлчами 3 – 25 мкм бўлган минерал чанг.
2. Ўлчами 0.3 – 1 мкм бўлган органик чанг (чигит, пахта, шох бўлакчлари, барг).
3. Узунлиги бир неча 10 мм бўлган пахта толалари.

Пахта тозалаш корхоналаридан чиқаётган чанг заррачалари таркибидаги толали чиқинди узунлиги 1 – 4 мм гача бўлса, чанг

**“Метан” Пахта тозалаш корхоналарида 30 минут ичида 1 мм дан катта ушлаб қолинган чанглар
миқдори**

№	Пахта нави	Намлиги, %	Вентилятордан олдинги ифлосликлар W , г	Чанг ушлагичдан чиқаётган ифлослик W_1 , г	Атмосферага чиқаётган ифлосликлар W_2 , г
1	Омад 1 сорт, 1 синф	8.2	700	600	100
2		8.3	704	590	114
3		8.1	706	610	96

**“Қорасув” Пахта тозалаш корхоналарида 30 минут ичида 1 мм дан катта ушлаб қолинган чанглар
миқдори**

№	Пахта нави	Намлиги, %	Вентилятордан олдинги ифлосликлар W , г	Чанг ушлагичдан чиқаётган ифлослик W_1 , г	Атмосферага чиқаётган ифлосликлар W_2 , г
1	1 сорт, 1 синф	8.2	900	723	160
2		8.3	920	735	180
3		8.1	916	727	179

Иزلанишлар натижаларига кўра чангли ҳаво оқими таркибида 80-90 % чиқиндилар 1.5 мм дан катта эканлигини кўришимиз мумкин. Бу чиқиндилар таркибида толали чиқиндилар асосий массани ташкил этади. Уларни ушлаб қолиш пахта тозалаш корхоналарида ишловчи ишчилар соғлиғи билан бир қаторда, унга иқтисодий фойда келтиради.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Зикриёев Э. Пахтани дастлабки қайта ишлаш. Тошкент: Мехнат, 2002.
- [2] Метрологическое обеспечение методики выполнения измерений концентраций диоксида серы в продуктах сгорания энергетических топлив. ОСТ 51.144 - 87 стандарт.
- [3] Гудим И., Сажин Б.С. Вихревые пылеуловители и их применение для обеспыливания воздуха на хлопко-заводах //Хлопковая промышленность. Ташкент. 1988. № 4. С. 9 – 12.
- [4] Мирошников Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. М.: Машиностроение, 1972. – 486 с.

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

20.05.2015 й.
қабул қилинган

М.Т. Ходжиев, И.З. Аббазов. Создание модели при выделении запыленного воздуха первичной обработки хлопка

В статье изучена траектория движения пыли в пылеуловителях, широко используемых в хлопкоочистительной промышленности. Доказано, что состав выделенного запыленного воздуха зависит от его очистительного эффекта.

M.T. Hodjiev, I.Z. Abbazov. Creations of model at allocation dusty air of air primary processing of a cotton

In the article the trajectory of dust movement in dust keepers widely used in cotton cleaning industry for cleaning the dusty air was researched allocated dusty air in cotton-cleaning plants depends on its cleaning effect.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ СЕМЕННОЙ МАССЫ МЕЖДУ ДВУМЯ ДВИЖУЩИМИСЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПЛАСТИНАМИ

Съем линта с поверхности семян в процесс линтерования осуществляется при контакте зубьев с деформируемой поверхностью семян, где происходит некоторое обжатие материала. Для теоретического изучения рассмотрим рабочие органы ворошителя и пыльного цилиндра как две движущиеся параллельные пластины.

Исследуем одномерное уплотнение паковки семян между двумя параллельными пластинами (рис. 1).

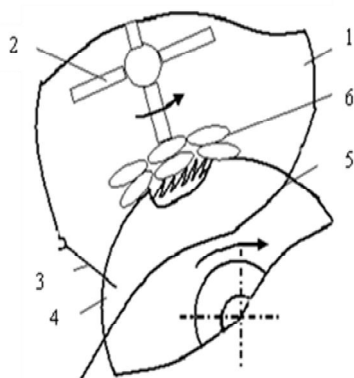


Рис. 1. Схема движения семенной массы в зоне контакта между лопастями ворошителя и пыльным цилиндром: 1 – рабочая камера; 2 – ворошитель; 3 – семенная гребенка; 4 – пыльный цилиндр; 5 – колосниковая решетка; 6 – слой семян

Рассматриваемая среда в отличие от плотной сплошной обладает специфическими свойствами. Во-первых, при деформации из начального состояния (плотной паковки) она не может уменьшить свой объем. Во-вторых, если в среде происходит бесконечно малый сдвиг, то в силу чисто геометрических причин (частицы из состояния плотной упаковки переходят в неплотно упакованное состояние) сдвиг порождает разрыхление среды, в результате чего в сжатой упаковке происходит уменьшение объема. Поэтому относительное изменение объема $\varepsilon_{xx} = \frac{du}{dx}$ является функцией чисто-

го сдвига $\varepsilon_{xy} = \frac{dv}{dx}$. Согласно модели зернистой среды, представленной в работе [1], определяем зависимость

$$\frac{du}{dx} = -\mu \left(\frac{dv}{dx} \right)^2, \quad (1)$$

где μ – безразмерный коэффициент сжатия слоя, зависящий от объемной концентрации плотной паковки и геометрии расположения семян относительно друг друга.

Уравнения равновесия и состояния паковки записываются в виде [2]

$$\frac{d\sigma_x}{dx} + \rho g x = 0, \quad \frac{d\sigma_{xy}}{dx} = 0, \quad (2)$$

$$\sigma_x = -p, \quad \sigma_{xy} = 2\mu p \varepsilon_{xy}, \quad (3)$$

где σ_x и σ_{xy} – осевое и касательное напряжения; ρ – плотность паковки; p – давление.

Используем предложенную модель зернистой среды для изучения квазистационарного сдвига слоя, нижняя граница $x=h$ которого контактирует с движущейся плоскостью по различным законам.

Рассмотрим сначала случай контакта слоя с пластиной по закону Винклера. Граничное условие на этой границе записываем в виде (k – коэффициент взаимодействия при сдвиге)

$$\sigma_{xy} = -k(v - V_2 t) \text{ при } x=h. \quad (4)$$

Решение уравнений (2) и (3), удовлетворяющее условиям (4) для функций $u(x,t)$ и $v(x,t)$, можно получить в виде

$$u = \mu \frac{V_1^2 t^2 \alpha^2 \xi_x^2}{h} \frac{1 - \bar{x}}{(\lambda + 1)(\lambda + \bar{x}) \ln^2(1 + 1/\lambda)}, \quad (5)$$

$$v = \frac{V_1 t}{\ln(1 + 1/\lambda)} \left[\ln \frac{\lambda + 1}{\lambda + \bar{x}} + \beta \ln \frac{\lambda + \bar{x}}{\lambda} \right], \quad (6)$$

где $\alpha = \frac{k}{A + k}$, $\beta = 1 + \alpha \xi_x$.

Напряжение сдвига и относительное сжатие будут равны

$$\sigma_{xy} = A \alpha V_1 t \xi_x, \quad \varepsilon = - \frac{\mu V_1^2 t^2 \alpha^2 \xi_x^2}{h^2 (\lambda + \bar{x})^2 \ln^2(1 + 1/\lambda)}. \quad (7)$$

Можно показать, что формулы (5), (6) и (7) отличаются друг от друга коэффициентом $\alpha = \frac{k}{A + k}$ и при $k \rightarrow \infty$ они совпадают.

На рис. 2 и 3 представлены графики зависимостей перемещений $u1 = u/h$ от безразмерного времени $t1 := V_1 t/h$ в различных сечениях слоя $x1 := x/h$.

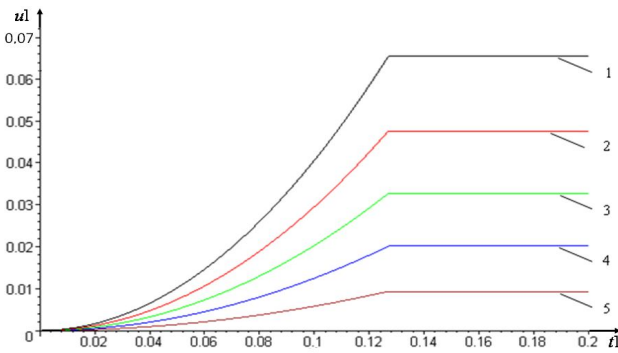


Рис. 2. Зависимость перемещения $u1 = u/h$ от безразмерного времени $t1 := V_1 t/h$ на различных сечениях слоя $x1 := x/h$:
1 – $x1 = 1$; 2 – $x1 = 0.8$; 3 – $x1 = 0.6$; 4 – $x1 = 0.4$; 5 – $x1 = 0.2$

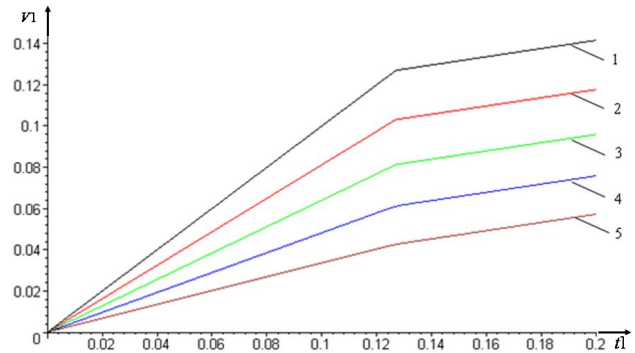


Рис. 3. Зависимость перемещения $v1 = v/h$ от безразмерного времени $t1 := V_1 t/h$ на различных сечениях слоя $x1 := x/h$:
1 – $x1 = 1$; 2 – $x1 = 0.8$; 3 – $x1 = 0.6$; 4 – $x1 = 0.4$; 5 – $x1 = 0.2$

Пусть при $v(h,t) = v_s$ напряжение сдвига σ_{xy} достигает максимального значения $\sigma_{xy} = \tau_s$ и далее остается постоянным. При этом время и перемещения v_s вычисляются по формулам

$$t_s = \frac{\tau_s}{A \alpha \xi_x V_1}, \quad v_s = \beta V_1 t_s. \quad (8)$$

Решение системы уравнений (2) и (3) при $t \geq t_s$ имеет вид

$$u = h \frac{\bar{\tau}_s^2}{4\mu (\lambda + 1)(\lambda + \bar{x})}, \quad v = \frac{h \bar{\tau}_s}{2\mu \alpha \xi_x} \left[\ln \frac{\lambda + 1}{\lambda + \bar{x}} + \beta \ln \frac{\lambda + \bar{x}}{\lambda} \right] + V_1 (t - t_s), \quad (9)$$

$$\bar{\tau}_s = \tau_s / \rho \cdot g \cdot h.$$

Предложенная схема соответствует изменению контактной силы в сечении $x=h$ по закону $\sigma_{xy} = -k(v - V_2 t)$ при $z = v - V_2 t \leq z_s$, $\sigma_{xy} = \tau_s$ при $z \geq z_s$.

При реализации данной схемы для моментов времени $0 \leq t \leq t_s$ по всей толщине слоя в соответствии с формулой (7) происходит рост напряжения сдвига σ_{xy} по времени, пока оно не достигает

предельного значения τ_s . В момент времени $t=t_s$ на границе $x=h$ слоя происходит проскальзывание частиц паковки по пластине, где сдвигающее напряжение будет равно τ_s , а скорость частиц мгновенно падает до величины V_1 . Далее все частицы слоя приобретают скорость верхней пластины V_1 при постоянном значении напряжения сдвига.

Рассмотрим теперь случай, когда на границе $x=h$ сразу после достижения касательного усилия максимального значения происходит частичное расслабление (разрушение) контакта слоя с пластиной, что приводит к уменьшению силы взаимодействия среды с поверхностью пластины. Расслабление связи паковки с пластиной описываем зависимостью

$$\sigma_{1xy} = \tau_s - k_1[v_1 - v_s - V_2(t - t_s)], \quad (10)$$

где $\sigma_{1xy}(x,t)$ и $v_1(x,t)$ – напряжение сдвига и перемещение в сечениях слоя после изменения контактных условий на поверхности пластины; k_1 – коэффициент взаимодействия слоя с пластиной после ослабления контакта, $v_s=v(h,t_s)$.

Функцию $v_1(x,t)$ представим в виде суммы

$$v_1 = \frac{V_1 t_s}{\ln(1 + 1/\lambda)} \left[\ln \frac{\lambda + 1}{\lambda + \bar{x}} + \beta \ln \frac{\lambda + \bar{x}}{\lambda} \right] + \frac{V_1(t - t_s)\beta_1}{\ln(1 + 1/\lambda)} \ln \frac{p_0 + \rho g x}{p_0}. \quad (11)$$

Пользуясь условиями (3) и (10), получим:

$$AV_1\alpha\xi_x t_s + AV_1\beta_1(t - t_s) = \tau_s + k_1(\beta_1 - 1 - \xi_x)V_1(t - t_s).$$

Учитывая выражения t_s из (11), получим

$$\beta_1 = -\frac{k_1(1 + \xi_x)}{A - k_1}.$$

Величина сжатия ε , перемещение u и напряжение сдвига σ_{xy} вычисляются по следующим формулам:

$$\frac{du}{dx} = -[\bar{\tau}_s + A\beta_1(t - t_s)] \frac{1}{4\mu(\lambda + x)^2},$$

$$u = h \frac{[\bar{\tau}_s + A\beta_1(t - t_s)]^2}{4\mu} \frac{1 - \bar{x}}{(\lambda + 1)(\lambda + \bar{x})}, \quad \sigma_{xy} = \tau_s + A\beta_1 V_1(t - t_s).$$

Рассмотрим случай ослабления контакта среды с поверхностью пластины, что означает уменьшение касательного усилия во времени. Для этого необходимо, чтобы $\beta_1 < 0$, откуда имеем неравенство $A > k_1$ или, учитывая выражение A , получим условие для давления

$$p_0 < \frac{\rho g h}{e^{\frac{2\mu\rho g}{k_1}} - 1}. \quad (12)$$

При выполнении условия (12) контактная сила обращается в нуль в момент времени:

$$t = t_* = t_s + \frac{\tau_s}{A\beta_1 V_1} = t_s + \frac{\tau_s}{AV_1} \frac{A - k_1}{A}.$$

При нарушении условия (12) контакт между средой и пластиной не будет нарушаться, что обеспечит нормализацию процесса линтерования семян, снижение их поврежденности и засоренности линта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Николаевский В. Н. Модель зернистой среды // Изв. АН СССР. МТТ. 1988. № 3.
- [2] Сулаймонов Р. Ш., Мардонов Б. М., Лугачев А. Е., Абдугаббаров Ш. А. Теоретическая модель сжатия и сдвига упаковок семян между планками ворошителя и пыльным цилиндром в линтерной ма-

Р.Ш. Сулаймонов. Қўзгалувчан икки параллел пластиналар оралигида чигитли масса ҳаракатининг тадқиқоти

Мақолада қўзгалувчан икки параллел пластиналар оралигидаги массали чигитнинг ҳаракати ўрганилган. Икки пластиналар оралигида сиқилган материалнинг ҳолатини белгиловчи алгоритмик ечимлар олинган.

R.Sh. Sulaymonov. Researches movement of seed weight between two moving parallel plates

In article movement of seed weight between two moving parallel plates is investigated. Are received the algorithmic decision determining character movement of a material between two plates at the compressed condition.

УЎК 629.113

К.З. ЗИЯЕВ

ШАҲАРДАГИ ҲАРАКАТ ШАРОИТИДА ЕНГИЛ АВТОМОБИЛЛАРНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ БАҲОЛАШ УСЛУБИ

Ҳозирги вақтда жами ишлаб чиқарилаётган автомобилларнинг тури 3000 дан зиёдни ташкил этмоқда. Автомобилларнинг ёнилғи тежамкорлик хусусияти аҳамиятли сифат белгиси ҳисобланади. Турли эксплуатацион шароитларда хизмат қиладиган автомобилларнинг бу хусусиятини халқаро меъёрланган ҳаракат цикллари воситасида аниқлаш қабул қилинган. Автомобилнинг ёнилғи тежамкорлигини таққосий белгилайдиган бундай услуб кенг ва турли эксплуатацион шароитларни қамраб олиши, албатта, нисбийдир. Рақобат бозорида умумий ҳаракат циклига асосланган ёнилғи тежамкорлик хусусияти кўрсаткичлари автомобилнинг такомиллашганлик даражасини ифодалашни кўникмаси шаклланган.

Шаҳарлардаги автомобилларнинг сонини ошиб бориши, ҳаракат миқдорининг ошиш темпи, шаҳарлардаги автомобиллар ўртача тезлигининг фарқланиши бу йўналишда тадқиқотларнинг давом этиши зарурлигини аниқлайди. Жумладан, конкрет шаҳар шароити учун ўзининг ҳаракатланиш меъёрий циклини яратиш ва унинг ёрдамида айнан шу шароит учун ёнилғи сарфини аниқлаш долзарб ҳисобланади [1].

Меъёрий ҳаракат цикли эксплуатация жараёнида автомобиль ҳаракатининг юкланганлик даражасини ифодаловчи режимларининг (тўхтаб туриш, тезланиш, тормозланиш ва ўзгармас тезлик давлари) вақт бўйича кетма-кетлигидир. Европа иттифоқи ва МДХ давлатларида шаҳар шароитини ифодаловчи халқаро қабул қилинган Европа шаҳар ҳаракат цикли (ECE) дан фойдаланилади. ECE ҳаракат циклининг давомийлиги 195 секундни ташкил этган ҳолда унинг ўртача тезлиги 18.4 км/соатга тенг [2].

Автомобилларни тури бўйича маълум эксплуатация шароитида самарадорлигини баҳолаш услуги уларнинг ёнилғи тежамкорлиги ҳамда экологик ҳавфсизлик хусусиятларини яхшилаш имконини яратади. Эксплуатация шароитида автомобилларнинг самарадорлиги трансмиссия параметрлари орқали двигателнинг режимини юқори самарадорлик диапазонида таъминланишига боғлиқ бўлади.

ECE ҳаракат циклида самарадорликни баҳолаш услуги Nexia русумли автомобиль мисолида таҳлил қиламиз.

Nexia автомобили двигателининг тезлик характеристикасини, синов натижалари бўйича олинган, қуйидаги тенгламадан фойдаланиб аниқлаймиз [3]:

$$M_e = M_N \cdot (-1.4561 \cdot \varpi^2 + 1.8582 \cdot \varpi + 0.58739).$$

Бу ерда M_N – максимал қувватга тўғри келувчи буровчи момент; $\varpi = \omega_N / \omega_e$ – двигатель тирсакли валининг нисбий бурчак тезлиги

$$N_e = M_e \cdot \frac{\omega_N}{\varpi}.$$

Ҳаракат цикларида вақт, йўл ва узатмалар кутиси поғанаси бўйича автомобилнинг тезлиги, тезланиши меъёрланган. Бунинг эвазига ғилдирак ўлчами ҳамда трансмиссия узатиш сони двигатель тирсакли вали бурчак тезлигининг ўзгаришини белгилайди

$$\omega_e = \omega_k \cdot U_{mp} = \frac{V_a}{r_k} \cdot U_{yk} \cdot U_{ay}; [\text{с}^{-1}].$$

Бу ерда ω_k – ғилдиракнинг ғилдираш бурчак тезлиги; U_{yk} – узатмалар кутисининг узатишлар сони; U_{ay} – асосий узатманинг узатишлар сони; r_k – ғилдиракнинг ғилдираш радиуси.

ЕСЕ ҳаракат циклида двигатель иш режимини аниқлашда автомобилнинг турли режимлардаги кучлар баланси тенгламасидан фойдаланамиз.

Автомобилнинг тезланиш режимидаги ҳаракатида:

$$P_T = P_\epsilon + P_f + P_u;$$

$$P_T = k_\epsilon \cdot F \cdot V_a^2 + f \cdot G_a + j_a \cdot \delta_{ep} \cdot m_a.$$

Бу ерда P_ϵ – ҳавонинг қаршилик кучи; P_f – ғилдирашга қаршилик кучи; P_u – тезланишга қаршилик кучи; k_ϵ – автомобилнинг шакли ва унинг юзаси сифатига боғлиқ бўлган суюрлик коэффиценти; F – автомобилнинг олд юзаси; G_a – автомобилнинг оғирлиги; j_a – автомобилнинг тезланиши; δ_{ep} – айланиб ҳаракатланувчи қисмларнинг инертлигини инобатга олувчи коэффицент, $\delta_{ep} = (1.02 + 0.02 \cdot U_i^2)$; m_a – автомобилнинг массаси.

$$N_e = \frac{P_T \cdot V_a}{1000 \cdot \eta_{mp}},$$

бу ерда η_{mp} – трансмиссиянинг фойдали иш коэффиценти.

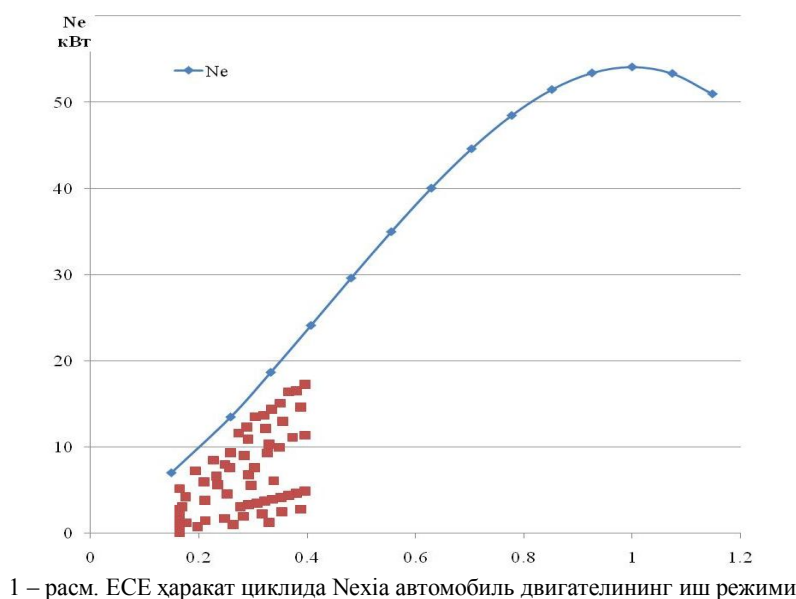
Автомобилнинг ўзгармас тезлик режимидаги ҳаракатида:

$$P_T = P_\epsilon + P_f;$$

$$P_T = k_\epsilon \cdot F \cdot V_a^2 + f \cdot G_a;$$

$$N_e = \frac{P_T \cdot V_a}{1000 \cdot \eta_{mp}}.$$

Ҳисоб натижалари бўйича ЕСЕ ҳаракат циклида Nexia автомобили двигателининг ишлаш режими диапозони 1-расмда келтирилган.



1 – расм. ЕСЕ ҳаракат циклида Nexia автомобиль двигателининг иш режими

Nexia автомобили ECE шаҳар ҳаракат цикли бўйича ҳаракатланганда двигателнинг иш режими ёнилғи кам сарф диапазонида фарқини баҳолаш учун ички ёнув двигателларига хос бўлган K_H ва K_ω коэффициентларидан [3] фойдаланамиз. K_ω коэффициенти максимал қувватга тўғри келувчи солиштирма ёнилғи сарфининг g_{eN} двигатель тирсакли вали бурчак тезлигига боғлиқ ҳолда ўзгаришини ифодалайди:

$$K_\omega = 1.01\omega^2 - 1.34\omega + 1.33.$$

Nexia автомобилнинг двигатели учун синов натижалари асосида аниқланган $K_\omega = f(\omega)$ графиги 2-расмда келтирилган.

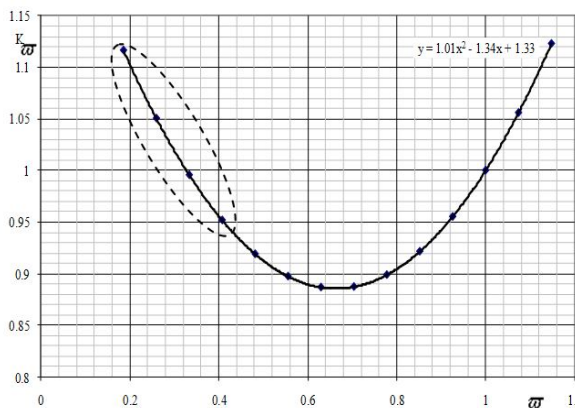
K_H коэффициенти солиштирма ёнилғи сарфининг ω_e бурчак тезлигидан максимал қувватдан фойдаланиш даражасига H боғлиқ равишда дроссель заслонкаси тўлиқ очилган режимига g_{e100} нисбатан ўзгаришини ифодалайди:

$$K_H = 2.43H^2 - 3.83H + 2.4,$$

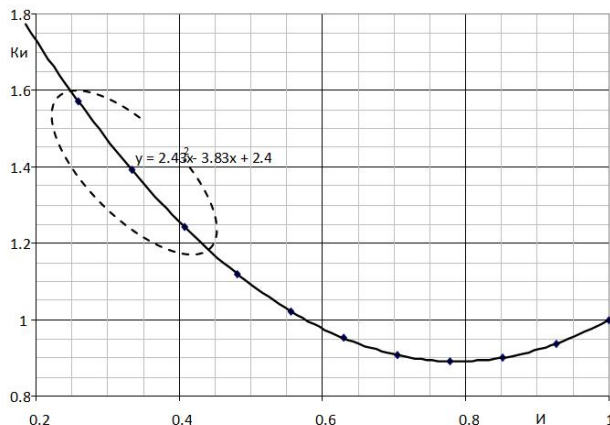
$$H = \frac{N_{en}}{N_e},$$

бу ерда N_{en} – ҳаракатланишда фойдаланилаётган қувват қиймати.

Nexia автомобилнинг двигатели учун синов натижалари асосида аниқланган $K_H = f(H)$ графиги 3-расмда келтирилган.



2-расм. Nexia автомобили двигателининг нисбий бурчак тезлигига K_ω коэффициенти боғлиқлик графиги



3-расм. Nexia автомобили двигатель қувватидан фойдаланиш K_H коэффициенти боғлиқлик графиги

$K_\omega = f(\omega)$ бўйича қўрилган график двигателнинг нисбий бурчак тезлиги 0.64 – 0.72 оралиқда K_ω коэффициенти минимал қийматларга эришишини кўрсатди. Nexia автомобили ECE шаҳар ҳаракат цикли бўйича ҳаракатланганда ω нинг қиймати 0.1 – 0.4 оралиқни ташкил этди. Бу эса ўз навбатида автомобилнинг бу режимда ҳаракатланишида ёнилғи сарфини 15 – 18 % га ошишига сабаб бўлади. Демак, қилдирак ёки трансмиссия параметрларини танлаш орқали ёнилғи сарфини 15 – 18 % га яхшилаш имкони мавжуд.

$K_H = f(H)$ бўйича қўрилган график асосида двигатель қувватидан фойдаланиш коэффициенти 0.7 – 0.85 оралиқда K_H коэффициенти минимал қийматларга тўғри келади. ECE ҳаракат циклининг барча режимлари учун аниқланган двигатель қувватидан фойдаланиш коэффициенти 0.35 – 0.53 диапазонга тўғри келди. Демак, двигатель бурчак тезлигига ёки трансмиссия параметрларини танлаш орқали ёнилғи сарфини 20 – 25 % га яхшилаш имкони мавжуд.

Юқорида келтирилган таҳлиллار асосида автомобиль трансмиссия параметрларини танлаш, автомобиль массасини ёки юкланганлик даражасини ошириш ҳамда двигателнинг солиштирма қувватини танлаш орқали автомобилларнинг самарадорлигини яхшилаш мумкин. Двигателда ишлаб чиқарилган механик энергия ҳисобига автомобиль ҳаракатга келтирилгани туфайли, юқорида келтирилган таҳлил каби, автомобилларнинг энергетик самарадорлигини баҳолаш услубини яратиш замонавий долзарб масалалар қаторига киради.

- [1] Федосов В.П., Сытенский В.Д. Автомобильная электроника. Учебное пособие. Таганрог: Изд-во «ТРТУ», 1998. – 73 с.
- [2] Правила ЕЭК ООН N 83 "Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей".
- [3] Мухитдинов А.А. Научные основы выбора параметров и режимов управления двигателем и трансмиссией автомобиля. Дис. ... докт. техн. наук. Ташкент, 2004. – 321 с.

Тошкент автомобиль ва йўллар институти

10.09.2015
кабул қилинган

К.З. Зияев. Метод оценки эффективности легковых автомобилей в городских условиях

В данной статье приведена методика определения эффективного рабочего режима двигателя в зависимости от степени использования мощности и относительной угловой скорости коленчатого вала на примере автомобиля Nexia по топливной экономичности на ездовом цикле ECE.

K.Z. Ziyayev. The method of estimation of efficiency of passenger cars in urban driving conditions

This paper represents defining method of effective engine operating regime depending on power using factor and relative angle velocity of the cranks haft by fuel economy in example of Nexia in ECE driving cycle.

УДК 631.6

Б.С. СЕРИКБАЕВ, Ф.Э. НОСИРОВ

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫВКИ ЗАСОЛЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ
В ДЖИЗАКСКОЙ ОБЛАСТИ**

В Джизакской области из 294 тысяч гектаров орошаемой площади 41.7 % подвержены засолению. Из них средnezасоленные почвы составляют 39 %, а сильно засоленные – 2.7 %. Тип засоленности – сульфатно-хлоридные, местами – хлоридно-сульфатные.

Засоление – это накопление вредных солей в верхних горизонтах почвогрунтов, обусловленный восходящими водными токами, интенсивностью процессов перемещения испарения [1 – 4]. Восходящие токи определяются капиллярными свойствами почвы и уровнем залегания грунтовых вод. Высота капиллярного подъема тем больше, чем меньше диаметр капилляра и, следовательно, зависит от механического состава грунтов. Засоление почвогрунтов ухудшает не только мелиоративную обстановку, но и экологическую, и санитарно-эпидемиологическую.

Нами в 2011 – 2013 гг. проведены исследования по установлению оптимальных норм и сроков промывки засоленных земель в фермерском хозяйстве «Эсанбой ота» Пахтакорского района Джизакской области. Здесь почвы орошаемых земель по механическому составу относятся к средним и тяжелым суглинкам, по степени засоления – к средне- и сильнозасоленным. Грунтовые воды сильно минерализованы. Глубина их – 2.5 – 2.9 м. Промывку земель проводили в зимний и ранне-весенний периоды путем подачи воды в почву в объеме, позволяющем переместить солевые растворы за пределы активного корнеобитаемого слоя, который в зависимости от возделываемых культур составляет 0.6 – 1.5 м.

Промывки по типу степени засоления делятся на капитальные и эксплуатационные. Их проводят на фоне горизонтального или комбинированного дренажа. В некоторых случаях допускается «осаживание» солей вглубь в свободную емкость при автоморфном режиме почвогрунтов.

Технология промывки засоленных земель следующая: промываемые площади после эксплуатационной планировки поверхности земель разделяют на чеки. Подача воды на чеки производится из временного оросителя без сброса промывной воды, а промывки земель – в направлении от нижних чеков к верхним.

Расходы и глубина воды во временных оросителях устанавливаются в зависимости от уклона (табл. 1).

Значение расхода и глубина воды во временных оросителях

Уклон дна временного оросителя	Расход воды, л/с					
	60		80		100	
	ширина по дну, см	глубина воды, см	ширина по дну, см	глубина воды, см	ширина по дну, см	глубина воды, см
Менее 0.001	50	35	50	40	50	45
0.001 – 0.003	50	30	50	35	50	40
0.003 – 0.005	50	25	50	30	50	35

Промывки по мелким чекам или цепочкам чеков – один из самых распространенных способов на слабопроницаемых почвах при устройстве временного дренажа. Для затопления участка с помощью КЗУ-0.3Б устраиваются водоудерживающие валики высотой 25 – 30 см. Разность напоров воды при затоплении не превышает 5 см. Вода подается из оросителя из чека в чек по цепочке длиной 200 – 300 м в зависимости от почвенных и геоморфологических условий.

Размеры чеков определяются расстояниями между временными дренами (20 – 50 м), которые выполняются в виде открытых каналов глубиной 0.8 – 1 м. Временные дрены соединяются временным коллектором глубиной 1 – 1.2 м.

Для предотвращения разрушения дренажно-коллекторной сети сброс промывной воды в нее не допускается. При неизбежности сброса некоторого объема воды необходимо выделить часть площади в нижней части участка.

Наиболее эффективны промывка по мелким чекам отдельными тактами без сброса промывной воды, а также полосовая промывка от центра междренья к дренам. Ее начинают с затопления центральной полосы, на которую подают всю промывную норму. На средние полосы подают 60 % расчетной нормы, а на придренные – 50 %. Очередную полосу затапливают после того, как в предыдущую подали заданное количество промывной воды.

Промывки по крупным чекам применяют на почвогрунтах с коэффициентами фильтрации $k > 1$ м/сут при малых уклонах поверхности. Водоудерживающие валы высотой 60 – 80 см отсыплют бульдозером, сообразуясь с горизонталями местности. Площадь чеков – 1 – 3 га. Валы, прилегающие к дренам, располагают на расстоянии 40 – 50 м от них для предохранения от разрушения. Допустимый перепад напоров при затоплении в чеке – 10 – 15 см.

Такое расположение чеков внутри междренья дает возможность применить полосовой метод затопления, что повышает эффективность промывки, так как скорость фильтрации воды в придренных зонах участка значительно больше, чем в средней части междренья. В зависимости от нормы промывки и глубины наполнения чеков их затопление повторяют несколько раз. Благодаря значительному слою воды этот способ можно применять в зимнее время.

При проектировании капитальных промывок на фоне дренажа необходимо выделить зону его активного влияния. В этой зоне, площадь которой зависит от гидрогеологических условий, промывку можно проводить без временного дренажа по крупным и средним чекам в любой комбинации в зависимости от уклонов местности.

Трудномелиорируемые сильнозасоленные земли можно промывать в два цикла с использованием временного дренажа. Сроки промывки при однократном способе определены по формуле

$$T = m / (10000 K_{\phi}), \text{ сут},$$

где m – промывная норма, м, куб/га; K_{ϕ} – средневзвешенное значение коэффициента фильтрации почвогрунтов промываемой толщи, м/сутки.

При двухкратном способе приема промывки продолжительность промывки определяли по следующей зависимости:

$$T = (t_1 + t_2) + t_n(n - 1), \text{ сутки},$$

где t_1 – необходимое время подачи воды в чек; t_2 – необходимое время для растворения солей про-

мываемой толщи почвогрунтов; n – количество приемов, n определяется как M/m . Здесь

$$M=100Hd[(b_{max}-b_{фак})+(S_1-S_2)/K_{\phi}], \text{ м, куб/га,}$$

где H – глубина промываемой толщи почвогрунтов, м; d – объемная масса почвогрунтов, т/м³; b_{max} – максимальная влажность почвогрунтов расчетного слоя, процент от d ; $b_{фак}$ – фактическая влажность грунта перед промывкой, процент от d ; S_1 – количество солей перед промывкой в почвогрунтах, процент от абсолютного сухого веса почвогрунтов; S_2 – допустимое содержание солей после промывки почвогрунтов, процент от абсолютного сухого веса почвогрунтов.

Расчет капитальных промывок засоленных земель. Коренное улучшение мелиоративного состояния земель хозяйства без предварительного опреснения почвогрунтов невозможно. В связи с этим в проекте предусматривается проведение капитальных промывок. Величину промывных норм, обеспечивающих необходимое расслоение расчетного слоя почвогрунта, определяют с учетом удаления солей дренажными водами за пределы массива. Процесс промывки засоленных земель (растворение и удаление солей) можно рассматривать как сумму гидродинамических и диффузионных истоков в почвогрунте при полном его насыщении. Величина промывной нормы нетто, необходимая для расслоения определенного слоя почвогрунта до допустимых пределов, определяется по формуле С.Ф. Аверьянова [1]

$$N_{HT} = (2 - \sqrt{D^* t + h})m, \text{ мм,} \quad (1)$$

где D^* – коэффициент конвективной диффузии, м²/сут; t – продолжительность промывки, сут; m – пористость почвогрунтов в долях от объема; h – расчетная глубина опреснения, м.

Параметр, зависящий от требуемой степени опреснения почвы в конце промывки C :

$$C = \frac{C_{дон}-C_n}{C_0-C_n},$$

где $C_{дон}$ – допустимое содержание солей, г/л; C_n – минерализация промывных вод, г/л; C_0 – исходное содержание солей, г/л. Значение параметра в зависимости от C принимается по табл. 108 из работы [4].

Задаваясь различными значениями продолжительности промывки, находим величину промывной нормы и необходимую скорость отвода промывных вод по формуле [3]

$$V = \frac{N_{HT}}{t}.$$

Задаем значение $t_1=30$ сут и вычислим промывную норму нетто, сведенную в табл. 2.

Таблица 2

Значение нормы промывки нетто и скорость отвода промывных вод в зависимости от продолжительности промывки

Показатель	t , сутки		
	t_1	t_2	t_3
N , м ³ /га	2042	2446	2756
V , м/сут	0.068	0.041	0.031

Таким образом, величина промывной нормы и скорость отвода промывных вод зависят от продолжительности промывки.

Представляет интерес выяснить возможность обеспечения постоянного дренажа отвода промывных вод в установленные сроки. Скорость отвода промывных вод, создаваемая постоянным дренажем, определяется по приведенным выше зависимостям. При условии подъема грунтовых вод до поверхности земли следует учитывать, что гидравлический расчет дрен произведен на максимальный модуль дренажного стока и увеличение его вызовет напорную дренаж.

Принимая напор в дренах при промывках 0,5м, можно получить действующий напор $\Delta h = Hg - 0.5$. Тогда из выражения

$$0.435T^* + (\Delta H - l) \lg T^* = (\Delta H - l) \lg \frac{2T}{d^*} + 0.301$$

можем найти значение

$$\Delta H = I + \frac{0.435T^* - 0.301}{\lg \frac{2T}{T^* d^*}}.$$

Здесь $T^* = \frac{PT}{B}$, $d^* = \sqrt{2d(\Delta h + d)}$.

Затем из выражения $\Delta H = \frac{\Delta H + gT}{\Delta h}$ при известных ΔH ; T ; Δh найдем

$$g = \frac{\Delta H \Delta h - \Delta H}{T}$$

и модуль стока инфильтрационного питания, отводимого постоянным дренажем в условиях промывок $g_0 = K_1 * g$, м/сут.

Если g_0 меньше требуемой скорости отвода промывных вод, тогда дренаж не может обеспечить отвод промывных вод в установленные сроки. Поэтому на период промывок следует предусмотреть временный дренаж, устраиваемый в виде открытых каналов глубиной 0.8 – 1.2 м.

Сравнивая необходимые скорости отвода промывных вод V и скорости, создаваемые постоянным дренажем, можно определить разность $V - g_0$ и по ней рассчитать расстояние между временными дренами B_1 . Принимая $h=1$ м, $t=90$ сут., $d_1=0.5b_0+h_0$, где b_0 – ширина дрены, м; h_0 – глубина воды в дрене, м;

Из равенства работ определяем значение B_1 :

$$V - q_0 = \frac{PK_1 h}{B_1 \left(\lg \frac{B_1}{d_1} - 1 \right)}.$$

Проверим, может ли постоянная оросительная сеть подать требуемое количество воды:

$$Q = q * t * 86.4 * K_\phi.$$

При сравнении Q и $N_{ит}$ видно, что оросительная сеть, рассчитанная на плановый режим промывки, позволяет провести промывку в указанные сроки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель. М.: Колос. 1978. – 288 с.
- [2] Бараев Ф.А., Шеров А.Г. Новая нетрадиционная технология улучшения эколого-мелиоративного состояния подверженных засолению орошаемых земель // Узбекистон жанубидаги ер ва сув ресурсларидан фойдаланиш самарадорлигини ошириш муоммолари. Карши, 2004.
- [3] Серикбаев Б.С., Гостищев Д.П. и др. Эксплуатация гидромелиоративных систем. Ташкент, 2013.
- [4] Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В. Справочник по мелиорации. М.: Росагропромиздат, 1989.

Ташкентский институт ирригации и мелиорации

Дата поступления
28.09.2015

Б.С. Серикбаев, Ф.Э. Носиров. Жиззах вилоятида шўрланган ерларни ювишининг техника ва технологиялари

Мақолада Жиззах вилоятида шўрланган ерларни ювиш бўйича олиб борилган тадқиқот натижалари келтирилган.

B.S. Serikbaev, F.E. Nosirov. Technique and technology of washing of saline lands in Jizzakh region

In paper results of researches of washing of the salted lands in the Dzhizak area are resulted

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ПОТОКА В ВИНТОВОМ КАНАЛЕ

Закрученный поток газа или жидкости – один из наиболее распространенных типов течения. Специфические свойства закрученного потока широко используются в технических приложениях: жидкостных форсунках, газовых горелках, вихревых энерго-разделителях, теплообменных устройствах, энерготехнологических циклонах, вихревых камерах и гидроциклонах, вихревых клапанах, насосах, центробежных пылеуловителях и т.д. Различным аспектам теории, моделирования, экспериментальных исследований и практического применения закрученных потоков посвящено большое количество работ [1 – 9].

Газовый и жидкостный потоки могут быть закручены специальными устройствами (завихрителями), которые придают потоку вращательную составляющую скорости. Одним из простых и эффективных завихрителей является канал, полностью перегороденный однозаходной ленточной вставкой (рис. 1). Данное устройство называется винтовым каналом и используется широко в технике.

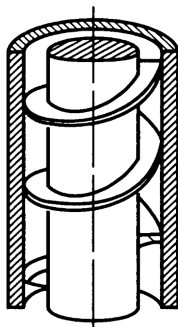


Рис. 1. Однозаходный винтовой канал

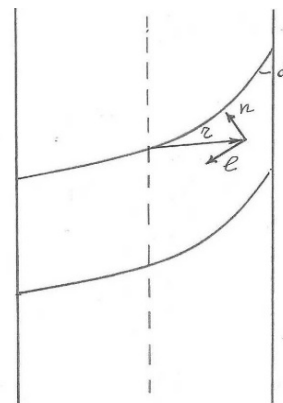


Рис. 2. Выбранная система координат

Будем считать, что винтовой канал состоит из внутреннего цилиндра радиусом R_1 и внешнего цилиндра радиусом R_2 . Поток будем считать несжимаемым и постоянной вязкостью. Пусть α – угол между направлением винтового канала и осью. Для математического моделирования течения выберем систему координат (l, n, r) (рис.2). Здесь r – радиус до рассматриваемой точки; l – проекция скорости потока на плоскость, n – нормаль к r . Для составления уравнений гидродинамики в новых координатах необходимо найти коэффициенты Ляме. Введем угол поворота винтового канала φ . Несложно убедиться в том, что

$$dl = \frac{rd\varphi}{\sin \alpha}.$$

Для определения коэффициентов Ляме совершим переход из Декартовой (x, y, z) в новую систему координат – (l, n, r) следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{\partial x}{\partial \varphi} &= -r \sin \varphi, \quad \frac{\partial y}{\partial \varphi} = r \cos \varphi, \quad \frac{\partial z}{\partial \varphi} = r \operatorname{ctg} \alpha, \\ \frac{\partial x}{\partial n} &= -\sin \varphi \cos \alpha, \quad \frac{\partial y}{\partial n} = \cos \varphi \cos \alpha, \quad \frac{\partial z}{\partial n} = -\sin \alpha, \\ \frac{\partial x}{\partial r} &= \cos \varphi, \quad \frac{\partial y}{\partial r} = \sin \varphi, \quad \frac{\partial z}{\partial r} = 0. \end{aligned}$$

Для винтового канала угол α находится из соотношения

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \alpha_0 \left(\frac{r}{R_2} \right), \quad (1)$$

где α_0 – угол между направлением винтового канала и осью на внешнем цилиндре.

Через выведенные соотношения найдем коэффициенты Ляме

$$H_\varphi = \frac{r}{\sin \alpha}, \quad H_n = 1, \quad H_r = 1.$$

Параметры потока в винтовом канале вдоль изменятся слабо, поэтому произведем осреднение по данному направлению. Тогда для всех параметров справедливо соотношение

$$\frac{\partial}{\partial n} = 0. \quad (2)$$

После осреднения параметров задача приобретает двумерный характер и для описания течения введем $U=v_l$ – скорость, направленную вдоль и v_r – радиальная скорость. Ясно, что $v_n=0$, а вращательная – v_φ и аксиальная – v_z скорости находятся следующим образом:

$$v_\varphi = U \sin \alpha, \quad v_z = U \cos \alpha. \quad (3)$$

Пусть $\bar{\zeta} = \operatorname{rot} \bar{V}$ – вихрь потока. Компоненты вихря находятся по общеизвестным формулам:

$$\begin{aligned} \zeta_n &= \frac{1}{H_r H_\varphi} \left[\frac{\partial H_r v_r}{\partial \varphi} - \frac{\partial H_\varphi v_l}{\partial r} \right] = \frac{\sin \alpha}{r} \left[\frac{\partial v_r}{\partial \varphi} - \frac{\frac{\partial r v_l}{\sin \alpha}}{\partial r} \right], \\ \zeta_l &= \frac{1}{H_r H_\varphi} \left[\frac{\partial H_n v_n}{\partial r} - \frac{\partial H_r v_r}{\partial n} \right] = \frac{\partial v_n}{\partial r} - \frac{\partial v_r}{\partial n}, \\ \zeta_r &= \frac{1}{H_n H_\varphi} \left[\frac{\partial H_\varphi v_l}{\partial n} - \frac{\partial H_n v_n}{\partial \varphi} \right] = \frac{\sin \alpha}{r} \left[\frac{\frac{\partial r v_l}{\sin \alpha}}{\partial n} - \frac{\partial v_n}{\partial \varphi} \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

Из этих соотношений видно, что

$$\zeta_l = \zeta_r = 0. \quad (5)$$

Для вывода необходимого уравнения гидродинамики уравнения Навье-Стокса запишем в форме Громека-Ламба:

$$\frac{\partial \bar{V}}{\partial t} + \operatorname{rot} \bar{V} \times \bar{V} + \operatorname{grad} \left(\frac{V^2}{2} + \frac{p}{\rho} \right) + \nu \operatorname{rot} \operatorname{rot} \bar{V} = 0.$$

В этом уравнении p – давление; ρ – плотность; ν – кинематическая вязкость среды. Если произведем операцию rot над этим уравнением, получим

$$\frac{\partial \bar{\zeta}}{\partial t} + \operatorname{rot}(\bar{\zeta} \times \bar{V}) + \nu \operatorname{rot} \operatorname{rot} \bar{\zeta} = 0.$$

Следовательно, для компоненты ζ_n имеем уравнение

$$\frac{\partial \zeta_n}{\partial t} + \operatorname{rot}_n(\bar{\zeta} \times \bar{V}) + \nu \operatorname{rot}_n \operatorname{rot} \bar{\zeta} = 0. \quad (6)$$

Далее, по соотношениям (4) получим

$$\text{rot}_l \bar{\zeta} = \frac{\partial \zeta_n}{\partial r}, \quad \text{rot}_n \bar{\zeta} = 0, \quad \text{rot}_r \bar{\zeta} = -\frac{\sin \alpha}{r} \frac{\partial \zeta_n}{\partial \varphi},$$

$$\text{rot}_n (\bar{\zeta} \times \bar{V}) = \frac{\sin \alpha}{r} \left[\frac{\partial U \zeta_n}{\partial \varphi} + \frac{\partial v_r \zeta_n r}{\partial r} \right],$$

$$\text{rot}_n \text{rot} \bar{\zeta} = -\frac{\sin^2 \alpha}{r^2} \frac{\partial^2 \zeta_n}{\partial \varphi^2} - \sin \alpha \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{r}{\sin \alpha} \frac{\partial \zeta_n}{\partial r} \right).$$

Подставляя выражения в (6), получим окончательное уравнение переноса вихря

$$\frac{\partial \zeta_n}{\partial t} + \frac{\sin \alpha}{r} \frac{\partial U \zeta_n}{\partial \varphi} + \frac{\sin \alpha}{r} \frac{\partial v_r \zeta_n r}{\partial r} = v \left[\frac{\sin^2 \alpha}{r^2} \frac{\partial^2 \zeta_n}{\partial \varphi^2} + \sin \alpha \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{r}{\sin \alpha} \frac{\partial \zeta_n}{\partial r} \right) \right].$$

Уравнение неразрывности в координатах (l, n, r) записывается в виде

$$\text{div} \bar{V} = \frac{1}{H_n H_\varphi H_r} \left[\frac{\partial H_n H_\varphi v_l}{\partial \varphi} + \frac{\partial H_\varphi H_r v_n}{\partial n} + \frac{\partial H_n H_\varphi v_r}{\partial r} \right] = \frac{\sin \alpha}{r} \left[\frac{\partial v_r}{\partial r} \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha} + \frac{\partial U}{\partial \varphi} \right] = 0.$$

Таким образом, полная система уравнений гидродинамики для поставленной задачи имеет вид

$$\zeta_n = \frac{\sin \alpha}{r} \left[\frac{\partial v_r}{\partial \varphi} - \frac{\sin \alpha}{\partial r} \right],$$

$$\frac{\partial v_r}{\partial r} \frac{\sin \alpha}{\sin \alpha} + \frac{\partial U}{\partial \varphi} = 0,$$

$$\frac{\partial \zeta_n}{\partial t} + \frac{\sin \alpha}{r} \frac{\partial U \zeta_n}{\partial \varphi} + \frac{\sin \alpha}{r} \frac{\partial v_r \zeta_n r}{\partial r} = v \left[\frac{\sin^2 \alpha}{r^2} \frac{\partial^2 \zeta_n}{\partial \varphi^2} + \sin \alpha \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{r}{\sin \alpha} \frac{\partial \zeta_n}{\partial r} \right) \right].$$

Для численного исследования полученной системы уравнений соотнесем все скорости к скорости потока на входе U_0 , все размеры к радиусу внешнего цилиндра R_2 , а время к $-R_2/U_0$. Введем функцию тока ψ , которая находится из соотношения

$$\bar{U} = \frac{\partial \psi}{\partial \bar{r}}, \quad \bar{v}_r = -\frac{\sin \alpha}{\bar{r}} \frac{\partial \psi}{\partial \varphi},$$

а также функцию

$$Z = \bar{r} \bar{\zeta}_n / \sin \alpha.$$

Черточка над символами здесь и в дальнейшем обозначает безразмерный параметр. В новых параметрах полученная система уравнений будет выглядеть в следующем виде:

$$\frac{\partial Z}{\partial \bar{t}} + \sin \alpha \frac{\partial \bar{U}Z}{\bar{r} \partial \varphi} + \frac{\partial \bar{v}_r Z}{\partial \bar{r}} = \frac{1}{\text{Re}} \left[\sin^2 \alpha \frac{\partial^2 Z}{\bar{r}^2 \partial \varphi^2} + \frac{\partial}{\partial \bar{r}} \left(\frac{r}{\sin \alpha} \frac{\partial \sin \alpha Z}{\partial \bar{r}} \right) \right], \quad (7)$$

$$\frac{\partial}{\partial \bar{r}} \left(\frac{\bar{r}}{\sin \alpha} \frac{\partial \psi}{\partial \bar{r}} \right) + \frac{\sin \alpha}{\bar{r}} \frac{\partial^2 \psi}{\partial \varphi^2} = -Z.$$

В этой системе уравнений Re – число Рейнольдса, которое равно

$$\text{Re} = \frac{U_0 R_2}{\nu}.$$

С помощью системы уравнений (7) численно получено стационарное решение поставленной задачи. Для этого использовался метод установления для уравнения переноса вихря, а уравнение для функции тока решалось итерационным методом релаксации. Для уравнения переноса вихря использовалась явная конечно-разностная схема Мак-Кормака. На выходе из канала для параметров потока ставились условия типа

$$F_{l,j} = 2F_{l-1,j} - F_{l-2,j},$$

а на твердых границах для вихря

$$\zeta_{i,j} = \frac{U_{i,j-1} - 4U_{i,j-2}}{\Delta r},$$

$$\zeta_{i,0} = \frac{4U_{i,1} - U_{i,2}}{\Delta r}.$$

Эти условия экстраполяции имеют точности второго порядка.

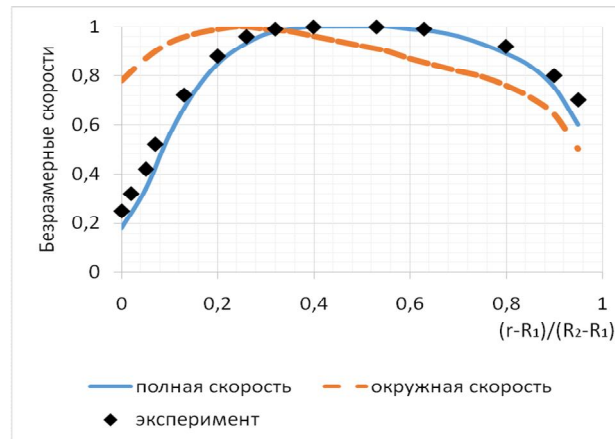


Рис. 3. Радиальное распределение полной и окружной скорости

Достоверность полученных уравнений проверялась сравнением численных результатов с экспериментальными данными работы [7]. На рис. 3 иллюстрируются расчетные значения (сплошная линия) и экспериментальные данные (пунктир). Как видно из рис. 3, совпадение численных результатов с экспериментальными данными вполне удовлетворительное для числа Рейнольдса $\text{Re}=560000$. Здесь пунктирной линией показан профиль вращательной скорости при

$$\frac{R_1}{R_2} = 0.2, \quad \text{tg} \alpha_0 = 2.$$

Из рис. 3 видно, что профиль вращательной скорости проходит через максимум. Этот максимум возникает, если выполняется условие

$$1 < \operatorname{tg} \alpha_0 < \frac{R_2}{R_1}.$$

Таким образом, получена математическая модель для описания течения в закручивающихся устройствах. Путем сравнения численных результатов с известными экспериментальными данными показана адекватность выведенных уравнений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гольдштик М. А. Вихревые потоки. Новосибирск: Наука, 1981. – 366 с.
- [2] Щукин В. К. Теплообмен и гидродинамика внутренних потоков в полях массовых сил. Машиностроение, 1980. – 331 с.
- [3] Щукин В. К., Халатов А. А. Теплообмен, массообмен и гидродинамика закрученных потоков в осесимметричных каналах. Машиностроение, 1982. – 200 с.
- [4] Меркулов А. П. Вихревой эффект и его применение в технике. Машиностроение, 1969. – 183 с.
- [5] Суслов А. Д., Иванов С. В., Мурашкин А. В., Чижиков Ю. В. Вихревые аппараты. Машиностроение, 1985. – 256 с.
- [6] Кузнецов В. И. Теория и расчет эффекта Ранка. Омск, 1995. – 217 с.
- [7] Устименко В. И. Процессы турбулентного переноса во вращающихся течениях. Алма-Ата: Наука, 1977. – 26 с.
- [8] Sloan D. G., Smith Ph. J., Smoot L. D. Modelling of Swirl in Turbulent Flow Systems. // Prog. Energy-Combust. V.12. Sci. 1986. P. 163 – 250.
- [9] Митрофанова О. В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок. М.: Физматлит, 2010. – 288 с.

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

Дата поступления
19.08.2015

З.М. Маликов. Марказдан қочма чанг тутгичнинг спиралли каналидаги аэродинамик параметрларни ҳисоблаш

Мақолада спиралли каналдаги оқим гидродинамикаси тадқиқотининг аналитик услуби берилган. Олинган натижалар марказдан қочма чанг тутгичларни, сепараторларни, классификаторларни, гидроциклонлар ва уюрмалли камераларни лойиҳалашда амалий аҳамиятга эгадир.

Z.M. Malikov. Calculation of aerodynamic parameters in the spiral channel of the centrifugal dust collector

In work the method of analytical research of hydrodynamics of a stream in the spiral channel is given. The received results have practical values at design of centrifugal dust collectors, separators, classifiers, hydroclones and vortex cameras for various technological processes.

ВЛИЯНИЕ СЛОЖНОСТИ МАРШРУТА НА ФОРМИРОВАНИЕ НОРМАТИВОВ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

На сегодня вклад транспортного сектора в ВВП страны составляет 9 %. В нем занято 4% от общего числа занятых в стране. Объем грузооборота на автомобильном транспорте опережает показатель экономики в пределах 1.25 раза. Зарубежный опыт, в частности Евросоюза, свидетельствует о повышении грузооборота за 2001 – 2010 годы на 38 % при росте экономики в среднем 1.34 %. Для обеспечения среднегодового темпа роста ВВП на уровне 8 % до 2020 г. потребуются ежегодный рост объема грузоперевозок соответственно на 8.3 %. При этом среднегодовой рост грузоперевозок автомобильным транспортом должен составить 10.5 % [1].

Автомобильный транспорт играет значительную роль в зарубежных странах, что свидетельствует об укрупнении его конкурентных позиций в мировой транспортной системе. Например, в Италии удельный вес перевозок, выполняемых автомобильным транспортом, составляет 83.9 % от общего грузопотока, в Германии – 63.8 %, Великобритании – 82.3 %, Франции – 74.9 %, США – 31.8 %, Российской Федерации – 4.2 %.

Анализ влияния автомобильных грузовых перевозок на успешное развитие экономики страны определяет проблему повышения эффективности эксплуатации грузовых автомобилей актуальной задачей. Путем повышения эффективности эксплуатации грузовых автотранспортных средств можно уменьшить их негативное влияние на динамический рост экономики.

Высококачественная автотранспортная техника современности, по данным экспертных оценок, имеет большой потенциальный резерв, недостаточно используемый в период эксплуатации. Использование конструктивного потенциала в среднем не превышает 50 – 60 %. Хотя, например, автотранспортное средство при хорошей организации перевозочного процесса может пробегать более 1000 км/сутки [2].

В то же время себестоимость автотранспортной перевозки заметно сказывается на цене перевозимого товара, что затрудняет положение производителя в условиях рынка.

Ценообразование грузовых автотранспортных услуг в значительной степени зависит от расходов позиций себестоимости. Среди статей расходов весомую часть занимают расходы на топливо, доля которой меняется в пределах 20 – 50 %. Предел изменения зависит от корректности нормированного расхода топлива. Нормативный расход топлива оценивает совокупные транспортные издержки на предстоящий период. Кроме того, затраты на топливо используются при расчете налогооблагаемого размера прибыли.

С переходом Узбекистана к рыночной экономике вопросы энергосбережения приняли особо важный характер [3]. Процедура нормирования природных энергоносителей показывает свою независимость от политического или экономического строя государства.

Зарубежный подход к определению показателей норм расхода топлива базируется на контрольных показателях для оценки технического состояния автомобиля и информации потребителей. В них не учитываются условия эксплуатации, выполняемая транспортная работа, просто указываются режимы движения, например, городской цикл, магистральный цикл или смешанный цикл и соответствующие им показатели расхода топлива. Разными автопроизводителями используются самые различные методики получения таких показателей. В их методике используется стенд с беговыми барабанами без учета дорожных условий, аэродинамики, маршрутов и т.д. Получаемые результаты не отражают реальных условий.

Эксплуатация грузовых автотранспортных средств различна по условиям дорог, профилю местности, климатическим условиям и т.д. Если автомобильный парк оказывает транспортные услуги на маршрутах с отличающимися условиями, то осредненная норма расхода топлива по парку не будет отражать истину. Это положение учтено в методике установлением поправочных коэф-

фициентов и надбавок, относительно учитывающих условия эксплуатации и устанавливаемых по маршрутно.

Различие маршрутов движения грузовых автомобилей требует дифференцированного подхода при обосновании таких основных нормативов их эксплуатации, как периодичность проведения технического обслуживания, расход горюче-смазочных материалов, шин, установление тарифов на перевозку и т.д.

Согласно действующим нормативным документам, обоснованную норму расхода топлива на маршруте можно установить только по результатам контрольных заездов с регистрацией количества израсходованного топлива или косвенных параметров, позволяющих рассчитать расход топлива [4]. Причем, из-за отсутствия своевременного обновления материально-технической базы с информационно-коммуникационными технологиями и точными приборами, расчетно-экспериментальные методы в настоящее время являются предпочтительными.

Проведенный нами опыт на маршрутах Ангрен – Асака – Ангрен и Ангрен – Пап (Чадак) – Ангрен с установкой системы контроля расхода топлива (СКРТ45, г. Минск, Беларусь) на автопоезда с тяговыми автомобилями MAN TGA 26.400, MAN TGS 26.400, MAN TGA 19.400 показывает следующее. Степень сложности маршрута, значительно влияющей на количество расходуемого топлива автомобилями, зависит от характеристики нагрузочных режимов движения, транспортных и климатических условий маршрута и квалификации водителя.

Выбранные маршруты позволяют провести анализ сложности маршрута для дорог с разным макропрофилем: горным, холмистым и равнинным с асфальтобетонным покрытием.

Определенный путем измерений фактический расход топлива, т.е. фактический путевой расход топлива на маршруте приводится на 100 км пробега автомобиля

$$Q_s = Q_{\phi} \cdot 100 / S, \text{ л/100км.} \quad (1)$$

В качестве оценочного параметра степени сложности маршрута первым приближением можно предложить коэффициент сложности маршрута по расходу топлива, который определяется отношением фактического путевого к линейной норме расхода топлива

$$K_H = Q_s / H_{san}, \quad (2)$$

где $H_{san} = H_s + H_{np} G_{np}$ – линейная норма расхода топлива автопоезда, л/100км; H_s – линейная базисная норма расхода топлива автомобиля тягача, л/100км; H_{np} – норма расхода топлива на каждую тонну приращения массы прицепа или полуприцепа, л/100км; G_{np} – собственный вес прицепа или полуприцепа, т.

Расход топлива на конкретном маршруте движения автотранспортного средства может быть представлен как функция скорости, веса груза, уклонов и состояния дорожного покрытия, интенсивности и плотности движения, частоты и продолжительности остановок, количества и продолжительности циклов разгона и замедления, т.е. формируется влиянием группой различных факторов: конструкцией автотранспортного средства, его техническим состоянием и функциональным параметром, качеством топлива, дорожными и транспортными условиями, квалификацией водителя. Обоснование наиболее информативных и значимых факторов представляет актуальную задачу. Здесь H_{np} как отмечалось, – норма расхода топлива на каждую тонну приращения массы для автомобилей, оснащенных дизельными двигателями, 1.3 л/100 км. Но для современных автомобилей MAN TGA 26.400, MAN TGS 26.400, MAN TGA 19.400 не имеется в базе нормативных показателей и рекомендуется приравнивать к показателю аналога, указанного в нормативном документе [4], т.е. 0.9 л/100 км. Однако факт изменения диапазона данного нормативного коэффициента в пределах 0.9 – 1.3 показывает некорректность его применения при эксплуатации и требует научного обоснования с учетом типа и марки автомобиля. Современные исследования отмечают завышенность данной нормы для совершенствованных автомобильных конструкций в пределах от 60 до 136 % [5].

Среднее арифметическое значение коэффициента сложности маршрута по расходу топлива K_{Hcp} определяется по формуле

$$K_{Hcp} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_{Hi}. \quad (3)$$

Таблица 1

Расчетные значения коэффициентов сложности маршрута по расходу топлива

Ангрен – Асака – Ангрен			Ангрен – Пап (Чадак) – Ангрен		
протяженность маршрута туда/обратно (общая), км	вес груза, туда/обратно, т	коэффициент сложности маршрута по расходу топлива туда/обратно (средний)	протяженность маршрута туда/обратно (общая), км	вес груза туда/обратно, т	коэффициент сложности маршрута по расходу топлива туда/обратно (средний)
265/262 (527)	– /4	– /1.36	99/93 (192)	30	1.31
	11/4	1.07/1.36 (1.22)		27	1.35/1.36 (1.355)
	13.4/4	1.20/1.36 (1.28)		16.5	1.29/1.42 (1.355)
	12.7/4	1.15/1.36 (1.26)		0/4	1.26/1.33 (1.295)

Из табл. 1 видно, что разные маршруты характеризуются свойственной им сложностью, которая в свою очередь напрямую влияет на расход топлива и показывает нагруженность подвижного состава при эксплуатации. Учитывая вышеприведенный результат, целесообразно рассмотреть маршрут в разрезе нескольких участков, которые значительно отличаются показателем сложности, а также проанализировать статистические данные из сервера GPS мониторинга по расходу топлива с учетом сезона на примере автомобилей в количестве 105 единиц (табл. 2).

Таблица 2

Изменение расхода топлива по сезонам на маршруте Ангрен – Асака

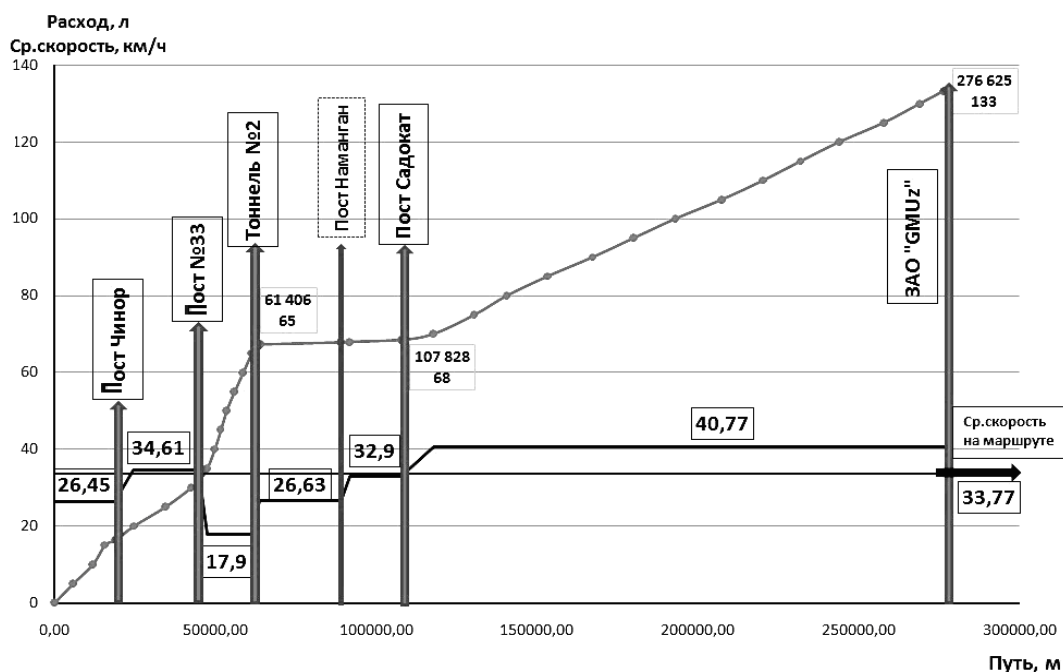
Участок	Длина старого маршрута, км	Расход топлива, л								Длина нового маршрута, км		
		февраль	апрель	июль	октябрь	эксперимент						
						количество АТС, шт.		июль 2012 г.			август 2013 г.	
						14	32	24	35		29 т.	11 т.
Ангрен – пост Чинор	19	24	14	12	12	16				19		
Пост Чинор – пост №33	26	12	12	12	11	15				26		
Пост №33 – тоннель	20	34	25	24	18	35				20		
Тоннель – пост Наманган	25	7	8	11	13	1				25		
Пост Наманган – пост Садокат	19	3	5	5	4	1				19		
Пост Садокат – Асака	169	65	64	66	44	65				156		
ИТОГО	278	145	128	130	102	133	95	91	96	265		

Анализ табл. 2 показывает, что в действующих нормативах дается коэффициент, учитывающий сезонность для зимнего времени года. Усложнения эксплуатации автомобиля в зимнее время в горной местности существенно отличаются от равнинной. Коэффициент различен по климатическим зонам, но не учитывает особенности местности.

Данные, полученные с GPS, достаточно информативны, но форма отчетности не даёт достаточной возможности быстрой оценки по параметрам движения. Система GPS мониторинга, имея ряд достоинств, на сегодняшний день используется лишь для мониторинга местоположения автомобиля. Данные по уровню топлива в баке, скорости и длине пути не учитываются ввиду отсутствия юридической силы [6].

Из рисунка видно, что на участке от Ангрена до высшей отметки (тоннель № 2) дорога состоит из множества подъемов с большим продольным уклоном и включает затяжной серпантинный участок с малыми радиусами кривизны, что приводит к повышению расхода топлива и сни-

жению скорости движения. Далее идет почти прямолинейный участок с затяжным спуском (Тоннель № 2 – пост Садокат), при движении на котором топливо почти не расходуется. На затяжных спусках автопоезд движется в режиме горного тормоза с включенной вспомогательной тормозной системой. Это показывает конструктивную эффективность современных грузовых автомобилей, оснащенных вспомогательной тормозной системой, которая исключает расход топлива и использует полезный вес автопоезда для преодоления пути. После этого, автопоезд движется по равнинной местности (пост Садокат – г. Асака).



Изменение расхода топлива и средней эксплуатационной скорости на маршруте Ангрен – Асака

В первом приближении коэффициент сложности маршрута по расходу топлива определяет степень сложности маршрута относительно типа и марки автомобиля, что создает сложности категорирования по степени сложности. Определение удельного параметра степени сложности маршрута с распределением на особые категории и широкое внедрение при дифференцированном нормировании позволит принимать более корректные решения при управлении расходом материальных ресурсов и периодичностью технического обслуживания.

Существующая методика нормирования расхода топлива не достаточно учитывает совершенства современной конструкции двигателя и трансмиссии, особенно в реальных условиях эксплуатации.

Разработка механизмов стимулирования и повышения квалификации водителей увеличит объективность рентабельности производственной деятельности экспедиторских предприятий по расходу топлива.

Анализ результатов значений коэффициента сложности маршрута по расходу топлива и современного состояния организации эксплуатации автомобилей на маршруте показывает имеющийся резерв в повышении эффективности эксплуатации грузовых автомобилей путем широкого внедрения информационно-коммуникационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Основные направления перехода к «зеленой» экономике в секторе городского транспорта. Аналитический доклад. Центр экономических исследований, 2011.
- [2] Schnider.com.
- [3] Закон РУз «О рациональном использовании энергии» // Собрание законодательства Республики Узбекистан. 2007. № 39. С. 402.
- [4] О'з RH 88.20-01:2003 «Нормы расхода топлива и смазочных материалов автомобильным подвижным составом и строительно-дорожными машинами».

- [5] Журнал «Грузовое и пассажирское хозяйство». 2005. № 7.
 [6] «Повышение эффективности грузовых автоперевозок логистических центров (на примере логистического Центра Ангрен): Заключительный отчет по ГНТП: Руководитель работы А.А. Мухитдинов. ИТД-3-88. Ташкент, 2014 – 118 с.

Ташкентский автомобильно-дорожный институт

Дата поступления
10.09.2015

У.А. Абдураззоков. Автомобил транспорти меъёрларининг шаклланишида маршрут мураккабликларининг таъсири

Мақолада юк автомобилларини тасарруф этиши жараёнида маршрут мураккаблигининг моддий ресурс сарфи ва техник хизмат кўрсатиши даври меъёрларини белгилашдаги аҳамияти, тасарруф самарадорлигини оширишида тутган ўрни масаласи кўрилган

U.A. Abdurazzokov. The influence of the complexity of the route to the formation of standards in road transport

The article considers the issues of increasing the efficiency of the operation of trucks, taking into account the peculiarities of the complexity of the route in the formation of norms of consumption of material resources and maintenance.

УЎК 621.01

А. ДЖУРАЕВ, В. ТУРДАЛИЕВ

ТАРКИБЛИ ЕТАКЛАНУВЧИ ЮЛДУЗЧАЛИ ЗАНЖИРЛИ УЗАТМАНИНГ КИНЕМАТИК ҲИСОБИ

Маълумки, занжирли узатмалар бошқа механик узатмалардан фарқли равишда айланма ҳаракатни узоқ масофага ишончли узатади. Бундан ташқари занжирли узатмалар тасмалари узатмаларга нисбатан катта қувватларни узатиш имкриниятига эга, чидамли ва узатиш бўйича аниқроқ ишлайди [1]. Бу узатмаларда етакланувчи тармоқнинг салқилиги ҳисобига бўғинларнинг ейилиши ортади ва ФИК камайти. Шунинг учун таранглаш ускуналари қўлланилади. Бир қатор таранглаш ускуналарининг камчилиги уларнинг иш жарёнида занжирнинг етакланувчи тармоғига таъсирини камайтиши ва қўшимча динамик қаршиликларни пайдо бўлишидир [2]. Шуни ҳам таъкидлаш керакки занжирли узатмалар ўзгармас тезлик билан ҳаракатланади, лекин айрим соҳалардаги технологик машиналарнинг ишчи органлари керакли нотекисликда ҳаракатланиши иш самарадорлигини ва маҳсулот сифатини ортиради. Юқорида келтирилганлардан келиб чиқиб таркибли юлдузчали ва таранглаш ускуналарини занжирли узатманинг янги конструкцияси ишлаб чиқилган [3].

Таклиф этилган конструкциядаги занжирли узатманинг кинематик параметрларини аналитик усулда қуйидагича ҳисоблаймиз.

Занжирли узатмаларнинг узатиш сонини умумий ҳолда етакловчи ва етакланувчи бўғинларнинг бурчак тезликлари орқали ифодалаш мумкин [1].

[3] дан маълумки етакловчи юлдузча билан занжир илашганда (1-расм)

$$V_1 = V_{36} \cdot \sin \varphi_1; \quad V_2 = V_{36} \cdot \cos \varphi_1; \quad V_{36} = \omega_1 \cdot r_1, \quad (1)$$

бу ерда V_{36} – занжирнинг юлдузча атрофидаги чизиқли тезлиги, м/с; r_1 – юлдузча радиуси, м; ω_1 – занжирли узатманинг етакловчи юлдузчасининг бурчак тезликлари, 1/с.

Етакловчи ва етакланувчи бўғинларнинг ҳаракатларини мослигини инобатга олсак етакланувчи бўғиннинг бурчак тезлиги қуйидагича бўлади

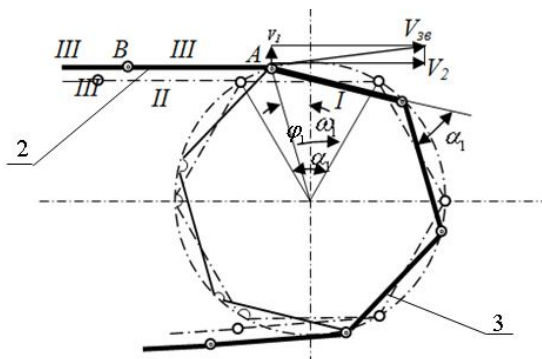
$$\omega_2 = \frac{\omega_1 r_1 \cos \varphi_1}{r_2 \cos \varphi_2}, \quad (2)$$

бу ерда r_2 – етакланувчи юлдузча радиуси, м; ω_2 – занжирли узатманинг етакланувчи юлдузчасининг бурчак тезликлари, 1/с.

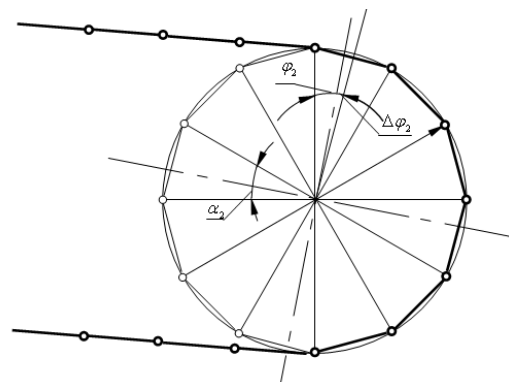
Узатмадаги етакланувчи юлдузча таркибли бўлганлиги сабабли, қайишқоқ элемент иш жараёнида айланма деформацияланиши ҳисобига ҳақиқий бурилиш бурчаги ва бурчак тезлиги қуйидагича бўлади (2-расм)

$$\varphi_2 = \varphi'_2 \pm \Delta\varphi_2 \text{ ва } \omega_2 = \omega'_2 \pm \Delta\omega_2, \quad (3)$$

бу ерда φ'_2, ω'_2 – қайишқоқ элемент ҳисобга олинмаган ҳолатдаги етакланувчи юлдузчанинг ҳақиқий бурилиш бурчаги ва бурчак тезлиги; $\Delta\varphi_2, \Delta\omega_2$ – қайишқоқ элемент деформацияланиши ҳисобига бурилиш бурчаги ва бурчак тезлигини ўзгариши.



1-расм. Етакловчи юлдузча билан занжирни илашиш схемаси:
1 – юлдузча, 2 – занжир



2-расм. Етакланувчи юлдузча бурилиш бурчаги ҳисоб схемаси

(2) ифодадаги φ_2 ни ўрнига (3) тенгликдагини қўйсақ қуйидагича ифодани ҳосил қиламиз [4]

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 r_1}{r_2} \cdot \frac{\cos \varphi_1}{\cos(\varphi'_2 + \Delta\varphi_2)}. \quad (4)$$

Узатманинг етакланувчи юлдузчасини бурчак тезланишини топиш учун бурчак тезлик ω_2 дан биринчи тартибли ҳосила оламиз. Бунда бурчак тезлик вақт ва бурчакка нисбатан ўзгарганлиги сабабли хусусий ҳосила олинади ҳамда қуйидагича бўлади:

$$\varepsilon_2 = \frac{\omega_1^2 r_1^2 \cos^2 \varphi_1 \operatorname{tg} \varphi_2}{r_2^2 \cos^2 \varphi_2}. \quad (5)$$

Демак, (3) ни инобатга олсак, узатманинг энг катта ва энг кичик узатишлар сонини аниқлаймиз, яъни

$$u_{12}^{\max} = \frac{\omega_1}{\omega'_2 - \Delta\omega_2}; \quad u_{12}^{\min} = \frac{\omega_1}{\omega'_2 + \Delta\omega_2}. \quad (6)$$

У ҳолда узатиш нисбатининг ўртача қиймати

$$u_{12}^{\text{ср}} = \frac{\omega_1 \omega'_2}{\omega_2'^2 - \Delta\omega_2^2}. \quad (7)$$

Занжирли узатманинг узатиш сонининг нотекислик коэффициенти қуйидагича бўлади

$$\delta_{u_{12}} = \frac{2\Delta\omega_2}{\omega'_2}. \quad (8)$$

Аналитик ифода ва боғланишлардан кўринадики, таркибли етакланувчи юлдузчали ва таранглаш ускуналар занжирли узатмада етакланувчи бўғиннинг ҳаракат қонуни асосан қайишқоқ элементнинг деформацияланишига, яъни қўшимча бурилиш бурчаги $\Delta\varphi_2$ боғлиқ экан. Бунда занжирли узатманинг узатиш сони ўзгарувчан бўлиб, етакланувчи юлдузча бурчак тезлигига боғлиқдир.

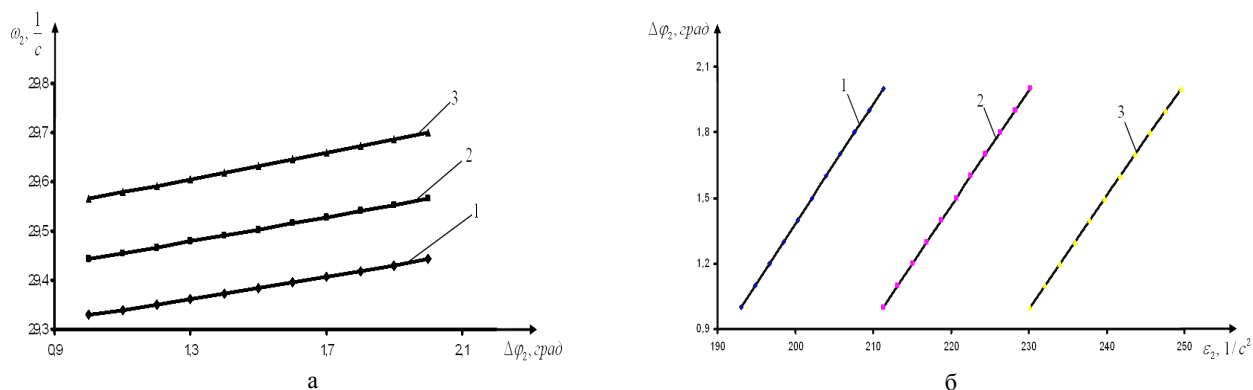
За-расмда етакланувчи юлдузча бурчак тезлигини қайишқоқ элемент деформацияланиши ҳисобига бурилиш бурчагига боғлиқлик графиги келтирилган. Бунда $\Delta\varphi_2$ бурчак ортиши билан ω_2 бурчак тезлик ҳам ортишини кўришимиз мумкин. Шунини таъкидлаш керакки занжирда тишлар

сони ортса ҳам бурчак тезликни ўзгариш оралиғи ўзгармас, аммо бурчак тезлиكنинг қиймати камайиши кузатилад экан.

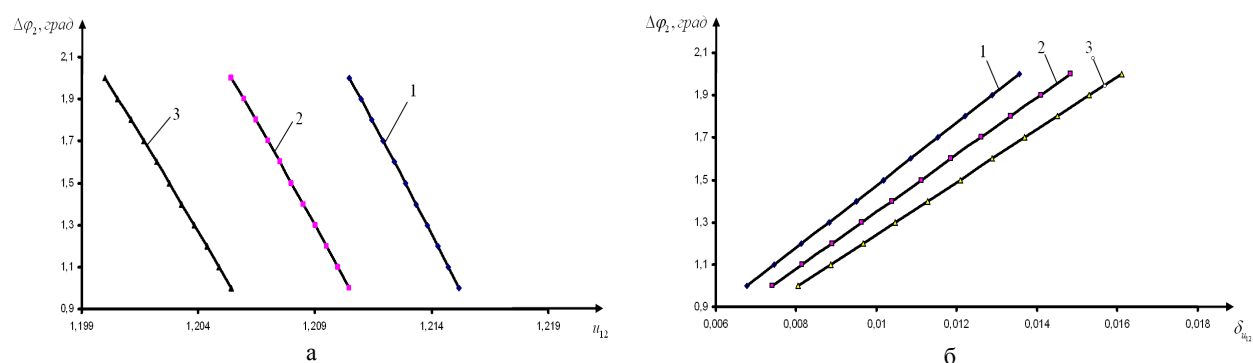
3б-расмдаги боғлиқлик графиклари шуни кўрсатмоқдаги $\Delta\varphi_2$ бурчакни ортиши билан етакланувчи юлдузчанинг бурчак тезланиши ҳам ортар экан. Масалан, $\varphi_2' = 11^\circ$, $\Delta\varphi_2 = (1^\circ - 2^\circ)$ гача бўлганда $\varepsilon_2 = (193.1 - 211.3) 1/c^2$ ораликда, $\varphi_2' = 13^\circ$, $\Delta\varphi_2 = (1^\circ - 2^\circ)$ гача бўлганда $\varepsilon_2 = (230.1 - 249.6) 1/c^2$ ораликда ўзгарар экан.

Юқорида келтирилган (7) тенгликка асосан, узатманинг узатишлар сони маълум қийматлар оралиғида ўзгаради, яъни энг катта ва энг кичик қийматларга эришади. 4а-расмдаги графиклардан кўринадики $\Delta\varphi_2$ қўшимча бурилиш бурчагини ортиши u_{12} узатманинг узатишлар сонини камайишига олиб келар экан. Узатишлар сонининг нотекислик коэффиценти эса ортар экан (4, б-расм).

Узатишлар сонининг кичик ўзгаришлари занжирли узатманинг текис ишлашига, яъни занжир билан юлдузча тишларининг мослашиб илашишини (едирилишининг кичик қийматларида) таъминлайди [4]. Узатиш сонининг ўзгариши катталашса, юлдузча тишлари роликлар устига келиб қолиши, механизм ишлашининг ёмонлашишига, самарадорликни пасайишига, ишчи қисмларни ейлишига, таянчларда зўриқиш ҳосил бўлишига олиб келади. Шунинг учун узатиш сонининг ўртача қиймати $u_{12} = 1.2$, нотекислик коэффиценти $\delta_{u12} = 0.016$ бўлса мақсадга мувофиқ бўлади, бунда етакланувчи юлдузчанинг бурчак тезлигини қайишқоқ элемент ҳисобига қўшимча ўзгариши $\Delta\omega_2 = 1.5 - 2.0 1/c$ дан ошмаслиги керак.



3-расм. Етакланувчи юлдузча бурчак тезлигини (а) ва бурчак тезланишини (б) қайишқоқ элементнинг деформацияланиши ҳисобига бурилиш бурчагига боғлиқлик графиги: 1 – $\varphi_2' = 11^\circ$; 2 – $\varphi_2' = 12^\circ$; 3 – $\varphi_2' = 13^\circ$



4-расм. Таркибли етакланувчи юлдузчали занжирли узатманинг узатишлар сонини (а) ва узатишлар сонини нотекислик коэффиценти (б) қайишқоқ элементнинг деформацияланиши ҳисобига бурилиш бурчагига боғлиқлик графиги:

1 – $\varphi_2' = 11^\circ$; 2 – $\varphi_2' = 12^\circ$; 3 – $\varphi_2' = 13^\circ$

Таҳлиллар асосида шуни айтиш мумкинки, $\Delta\varphi_2 = 1^\circ - 1.5^\circ$ оралиғида, юлдузча тишлари сони $z_2 = 27 - 30$, узатишлар сонининг ўртача қиймати $u_{12} = 1.2$, узатишлар сонининг нотекислик коэффиценти $\delta_{u12} = 0.016$, етакланувчи бўғиннинг бурчак тезлигининг қайишқоқ элемент ҳисобига қўшимча ўзгариши $\Delta\omega_2 = 1.5 - 2.0 1/c$ дан ошмаса фрезали барабан керакли нотекис ҳаракатга эга бўлади ва тупроқ таркибидаги кесакларни самарали майдалаши мумкин бўлади.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Воробьев Н. В. Цепные передачи, 4-е изд. М.: Машиностроение, 1968.
- [2] Глушенко И. П., Семенов В. С., Лысенко В. В. К определению минимального натяжения холостой ветви роликовой цепной передачи // Механические передачи. Тр. Кубанского гос. ун-та. Кубань, 1976. С. 31 – 37.
- [3] Джураев А., Мухамедов Ж., Мамахонов А. Цепная передача. Патент РУз №FAP00595 // Бюлл. 2010. №12
- [4] Джураев А., Давидбоев Б., Мамаханов А. Қайишқоқ элементли ва таранглаш қурилмалари занжирли механизмларни кинематик ва динамик таҳлили. Тошкент: Парвоз нашриёти, 2014. – 140 б.

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

14.10.2015 й.
кабул қилинган

А. Джураев, В. Турдалиев. Кинематический расчет цепной передачи с составной ведомой звездочкой
В статье приведен аналитический метод кинематического анализа цепной передачи с составной ведомой звездочкой. Построены графические зависимости угловой скорости, углового ускорения, передаточного числа, коэффициента неравномерности передаточного числа от угла поворота составной ведомой звездочки за счет деформации упругого элемента.

A. Djuraev, V. Turdaliyev. Kinematic calculation of chain transfer with the compound conducted asterisk
In article the analytical method of the kinematic analysis of chain transfer with a compound conducted asterisk is resulted and graphic dependences angular speeds, angular acceleration, transfer number factor non-uniformity of transfer number on a corner of turn compound conducted asterisks at the expense of deformation of an elastic element are constructed.

УДК 621

Т.Р. РАШИДОВ, К.Д. САЛЯМОВА, Е.В. АН

АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ XIV ВСЕМИРНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО СЕЙСМОСТОЙКОМУ СТРОИТЕЛЬСТВУ (ПЕКИН, 2008 г.), СВЯЗАННЫХ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ СИЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

Территория нашей республики является сейсмоактивной зоной, поэтому возможные землетрясения представляют наибольшую опасность для всех сооружений, в частности плотин и образованных ими водохранилищ. Сейсмичность их площадок – от 6 до 9 баллов. В Республике Узбекистан создан уникальный комплекс гидротехнических сооружений (ГТС), включая плотины и другие сооружения. Подавляющее большинство существующих дамб – в основном мелкие – были построены для орошения и поставки воды. А крупные плотины являются многоцелевыми проектами для производства энергии, борьбы с наводнениями, водоснабжения, орошения, отдыха и т.д., т.е. определяют социальную и экономическую обстановку в регионе. На сегодняшний день в Узбекистане эксплуатируются свыше 50 % грунтовых ГТС, построенных 60 – 70 лет тому назад, в частности эксплуатируется Бозсуйская ГЭС на канале Бозсу (1923) в г. Ташкенте, Аккавак-2 (1930 – 1940-е годы), Фархадская ГЭС (1949), Чарвакская ГЭС (1977). Гиссаракская ГЭС (1990), Каркидонское водохранилище (1962 – 1964), Каттакурганское водохранилище (1942). Многие ГТС расположены на трансграничных реках, таких как Амударья, Сырдарья и др., и их притоках. Их аварии или выход из строя могут повлечь за собой катастрофические последствия для окружающей среды и социальной жизни населенных территорий, расположенных в их нижних бьефах. Поэтому вопрос надежной и безопасной эксплуатации этих сооружений в сейсмоактивных районах приобретает особую актуальность. И комплексная оценка уязвимости ГТС, и определение уровня возможных потерь и последствий необходимы для заблаговременного планирования действий в области развития экономических и социальных программ.

Анализ состояния вопроса показывает, что на данный момент в нашей республике, впрочем, как и в мировой практике в целом, срок эксплуатации большинства существующих ГТС довольно значителен и насчитывает несколько десятилетий, а число новых плотин не существенно. Например, средний возраст существующих плотин в Швейцарии около 50 лет. В Канаде на сегод-

нышний день есть 933 крупные плотины, из них около 60% построены до 1970 г., и эксплуатировались более 40 лет. Старые плотины, построенные до 1930 г., проектировались без учета каких-либо сейсмических условий. Плотины, построенные в период с 1953 по 1985 г., также можно рассматривать как недостаточно отвечающие сейсмостойкости. Таким образом, повышен интерес к сейсмической безопасности плотин. Во многих развивающихся странах проектируются новые плотины, но их расположение может быть в менее благоприятных местах, чем у функционирующих. Одним из важных факторов этих мест является высокая сейсмическая опасность. Таким образом, сейсмические нагрузки стали доминирующими при проектировании новых больших плотин. Ранее при проектировании считалось, когда строилось большинство ныне эксплуатируемых плотин, что сейсмический коэффициент принимался низким и поэтому их сейсмобезопасность выполняется автоматически. Однако на сегодняшний день сейсмические критерии и методы динамического анализа проектирования резко изменились, поэтому необходимо проводить сейсмобезопасность эксплуатируемых плотин, которые рассматриваются как устаревшие.

Для повышения осведомленности проектировщиков плотин и организаций, отвечающих за их безопасность, все исследования по разработке их безопасности и устойчивости при землетрясении выделены специальной тематической сессией организаторами следующих Всемирных конференций по сейсмостойкому строительству: Акапулько (1996), Окленд (2000), Ванкувер (2004) и Пекин (2008). Похожие сессии были также организованы на европейских конференциях по сейсмостойкому строительству в Вене (1994), Париже (1998), Лондоне (2002) и Женеве (2006). На этих конференциях, в материалах которых можно найти много полезных статей по этой теме, обсуждены различные аспекты сейсмической безопасности плотин.

В этой связи нами детально проанализированы материалы XIV Всемирной конференции по сейсмостойкому строительству (Пекин, 2008) [1], связанные с проблемой сейсмического риска, уязвимостью ГТС, с целью дополнить разработанную методологию новыми данными и оценить результативность и уровень выполняемой нами работы.

Землетрясения представляют наибольшую опасность среди всех природных явлений. Широко распространен факт о том, что разрушения плотин от землетрясений являются наименее возможны. Хотя в действительности для плотин, расположенных в районах с высокой сейсмичностью, землетрясения крайне опасны: они влекут за собой следующие особенности (Wieland, 2003):

- колебания грунта вызывают вибрацию в плотине и в имеющемся в сооружениях оборудовании (затворы, водосбросы и др.);
- перемещения в основании плотины вдоль активного разлома вызывают в ней структурные перекосы;
- перемещение разлома в нижней части водохранилища (дно резервуара) вызывает волны в воде или потерю НПУ;
- движения воды в резервуаре могут вызвать оползни и обвалы в резервуаре, импульсные волны и т.д.

Другие эффекты, такие как появление сейшлов, т.е. стоячих волн на крупных водохранилищах, могут вызвать перелив воды через гребень грунтовых плотин. Главной опасностью, которая рассматривается в нормах и правилах, считаются колебания грунта при землетрясении (поверхностные волны). Колебания вызывают в сооружении появление растягивающих напряжений, деформации разуплотнения, трещины, скольжение, сжижение грунта, перелив воды через гребень и т.д.

Во время сильных землетрясений наиболее неблагоприятными условиями для плотины являются те, когда она подвергается одновременно и колебаниям грунта, и движению разломов, и другим разрывам на занимаемой ею площадке. Тем не менее, проектировщики плотин обычно основное внимание уделяют колебаниям грунта, а возможностями разрыва поверхности разломом или движением блоков основания плотины часто пренебрегают. Разрыв поверхности разлома, или точнее, скольжение поверхности вдоль определенного разлома под плотиной, всегда понимается как наиболее разрушительный тектонический процесс, который может повлиять на плотину. Движение основания является самой серьезной опасностью, которая может повлиять на целостность сооружения (плотины), что необходимо рассматривать и анализировать при неблагоприятных тектонических условиях, так как тектонические движения обычно приводят к разрыву разломов. Так как может произойти разрыв поверхности разломом, необходимо проводить глубокие исследования, особенно в окрестностях крупных разломов, которые способны вызвать сильные землетрясе-

ния. Следовательно, учет таких особенностей является решающим шагом в данной проблеме. Если существование таких особенностей обнаружено в основании плотины, то лучше подыскать более стабильную альтернативу местности с точки зрения тектоники. Если это невозможно, то наиболее приемлемым решением является проектирование грунтовой плотины, так как возможные движения будут поглощаться самоуплотнением грунта, не вызывая разрушения самой плотины.

Следует отметить чрезвычайную важность проблемы обеспечения сейсмической безопасности систем сооружения водоспусков – систем трубопроводов (напорных и безнапорных), особенно в случае, когда они проходят через разлом, обвалы, водонасыщенные грунты и т.д. Как показали последствия землетрясений, во многих случаях эти факторы могут оказаться определяющими в поведении подземных сооружений. В связи с этим необходимы меры по обеспечению их сейсмостойкости. Два крайних случая: разжижение почвы и сдвиг – худшие из вышеуказанных, поскольку они требуют проектных решений, специфических для каждого конкретного случая. Разжижение грунта, где бы оно ни произошло, всегда является основной причиной повреждения трубопроводов при имевших место землетрясениях. В зависимости от обстоятельств решение может потребовать либо увеличения глубины прокладки, либо заключения труб в жесткие каналы большего диаметра. Общим критерием сведения к минимуму эффекта прилагаемого смещения является критерий внесения максимальной гибкости в систему, находящуюся под воздействием указанного смещения. Это может быть осуществлено путем уменьшения глубины прокладки с целью снижения сжатия почвой; подготовки траншей больших размеров для прокладки труб, заполняемых мягким материалом; прокладки трубопровода над поверхностью грунта и введения гибких и растяжимых элементов трубопровода [2].

В [1] отмечается, что последствия повреждений плотин, связанные с потенциально активным разломом, также играют большую роль, что необходимо учитывать. Определение активного (или потенциально активного) разлома очень важно. Однако, как отмечают ученые Allen и Cluff, нет резкого разделения между «активным» и «неактивным» разломом. Современные геологические исследования, совместно с улучшенными возможностями определения даты-возраста объекта, показали, что действительно существуют степени активности разломов. Отмечается, что благодаря новым технологиям и методам оценок разломы, которые в прошлом считались неактивными, теперь можно рассматривать как активные или потенциально активные. В прошлом разломы с неясным доказательством активности считались неактивными, однако, на сегодняшний день разломы без существования каких-либо доказательств о неактивности рассматриваются как активные или потенциально активные. Первый подход является слишком оптимистичным, а последний – слишком пессимистичным, так как для регионов с высокой сейсмичностью большинство разломов будут считаться потенциально активными. Незначительные разломы не представляют интерес, так как они не способны вызвать сильные землетрясения или поверхностные трещины со значительными движениями. Тем не менее, такие разломы и разрывы могут представлять интерес, если рядом расположен главный разлом, где могут произойти землетрясения с большой амплитудой. Если разлом пересекает плотину и он рассматривается как потенциально активный, тогда возникает вопрос, какой величины движения разломов следует ожидать, так как от этого зависят возможные разрушения.

Всестороннее обсуждение вопроса о потенциально активных разломах в основании плотин приведено в работах Sherard и др. (1974). В них содержатся информация о существующих плотинах, основанных на активных разломах, краткая историческая справка о разрушениях плотины и механизмах разлома и мнения авторов относительно проектирования плотин на активных разломах. Авторы утверждают, что: 1) бетонные плотины строить на активных разломах или вблизи крупных активных разломов не рекомендуется; 2) если всё же необходимо, то строить грунтовую плотину.

В сейсмоактивных регионах часто встречаются плотины, построенные на разломах. Оценка вероятности того, что смещение разлома может произойти в течение срока службы плотины, и выбор деталей проектирования, чтобы обеспечить безопасность от таких возможных перемещений разломов, является сложной проблемой, которая до сих пор изучена недостаточно.

Достаточно важно наличие исторических данных о разрыве поверхности разломом. Однако промежуток времени о таких имеющихся данных, как правило, невелик. Учитывая, что большие разрывы поверхности могут случаться раз в тысячелетие, исследования, связанные с этим

направлением, должны охватывать знания по геологии, сейсмологии геофизике и геодезии, в том числе данные о дистанционном зондировании, и т.д.

В связи с большим количеством плотин, поврежденных от землетрясения Вэньчуань 12 мая 2008 г., были собраны и подытожены фактические данные, что позволило выявить проблемы на плотинах. Однако при отсутствии такой информации необходимо выполнить модельные экспериментальные исследования на плотинах. В таких экспериментах должны быть точно смоделированы основные параметры плотины, т.е. усадочные швы и стыки, масса бетона, стык сооружения с основанием (скальные породы) и свойства грунта для грунтовых плотин и т.д. Для грунтовых плотин динамические эксперименты на модели центрифуги могут улучшить представление о напряжениях и неупругом поведении прототипа плотины. Кроме того, должны быть рассмотрены характеристики движений вблизи разлома грунта с импульсами высокой скорости. Несмотря на то, что разработка методов численных анализов достигла значительного прогресса, требуется дополнительная информация для определения точного поведения больших плотин при сильных колебаниях основания. Основными проблемами являются:

- Выбор характеристик сейсмического движения грунта для оценки безопасности землетрясения.
- Определение сейсмических отказов различных типов плотин.
- Моделирование материалов и идентификации динамических свойств материалов.
- Выбор демпфирующих свойств бетонных плотин при сильных колебаниях грунта.
- Моделирование системы плотина – водохранилище – фундамент и его нелинейного динамического анализа.

- Определение критериев безопасности для различных типов плотин.

Для большинства указанных проблем необходимы инженерные решения.

Выбор типа плотины:

При проектировании плотин, учитывая движения разломов, необходимо рассмотреть следующие ситуации:

I) активный разлом малой ширины, проходящий через основание плотины: строительство бетонной гравитационной плотины теоретически возможно, если долина широкая;

II) несколько разломов, проходящих через основание плотины, или разломы с широкой зоной перелома: строительство бетонных плотин не допустимо;

III) плотина находится в районе крупного разлома, который способен производить землетрясения большой величины: если смещения разломов распространяются до территории плотины, то они могут вызвать движения вдоль трещин или разломы более высокого порядка в основании плотины; строительство бетонной плотины в этом случае не допустимо;

IV) плотина находится на большом расстоянии (десятки километров) от главного разлома, который способен производить землетрясения большой амплитуды: строительство всех типов плотин допустимо.

Охарактеризуем последствия (в основном горизонтальные движения) движений основания на различных типах плотин и возможные допустимые смещения:

1. Каменно-набросная плотина с грунтовым ядром (КНПГЯ): перекрытия переходных зон должны быть не менее 2 м. Это означает допустимое смещение от 1 до 2 м, переходные зоны требуются не менее 3 м толщиной. Коэффициент безопасности, равный 1.5, позволяет охватить все неопределенности, и в конечном итоге получить фильтр толщиной примерно от 4.0 до 4.5 м. Переходная зона не будет иметь никаких трещин, потому что ее материал должен быть совершенно несвязным (без силы сцепления). Это означает, что любое отверстие, которое будет образовано в процессе перемещения, разрушится при водонасыщении. Глина в ядре должна быть более пластичной над зоной разлома так, чтобы при его сдвиге не образовывались открытые трещины, которые могут спровоцировать внутреннюю эрозию. Поэтому горизонтальные (или сдвиговые) смещения от 1 до 2 м в основании плотины могут быть допущены без проблем. Bray и др. (1994), основываясь на результатах проведенных экспериментов, сообщили, что пластичный материал способен сдерживать большие деформации разрушения значительных движений разломов, фактически не нарушаясь.

2. Каменно-набросная плотина с бетонным покрытием верхнего бьефа (КНПБВБ): перемещение в скальном основании приведет к сдвигу и разрыву по периметру. Утечка произойдет

через трещины в основании (если завеса не достаточно широкая) и через стыки и трещины в верхнем бьефе. Это не означает, что плотина рухнет, потому что тело плотины может выдержать просачивание без вымывания более мелких частиц. Каменно-набросная зона нижнего бьефа обеспечивает достаточную стабильность в отношении дополнительных сил фильтрационного потока. В этих зонах слив свободный, поэтому не может быть избытка воды. Тем не менее, устойчивость верхнего бьефа должна быть проверена и подтверждена в случае изменившихся гидравлических условий. Утечку через основание можно свести к минимуму, если на месте разлома сделать шире завесу. Иная ситуация с некоторыми старыми плотинами, которые не могут иметь достаточную емкость дренажа ниже непроницаемого верхнего бьефа, например, старые плотины с асфальтовым верхним бьефом. Если на верхнем бьефе есть трещины и вода проникает через них, то необходим быстрый дренаж, иначе склон верхнего бьефа станет гидравлически нестабильным. Для таких плотин допустимое смещение в основании может быть только от 5 до 20 см.

3. Бетонная гравитационная плотина (БГП) или обычная бетонная: для жестких материалов, таких как бетон, небольшие смещения в основании приведут к его растрескиванию. Степень растрескивания очень трудно предсказать, она также зависит от топографии основания. Трещины могут, в общем, быть восстановлены, если их объем в пределах нормы. Тем не менее, в случае землетрясения динамическое поведение трещины плотины невозможно предсказать, это пока находится за пределами имеющихся в настоящее время возможностей (как известно авторам, нет общепринятого или проверенного программного обеспечения). Вновь появление трещины в гравитационной плотине не означает, что плотина рухнет, так как каждый блок действует самостоятельно. Предел для перемещений разломов в основании может быть не более 0.10 м.

4. Бетонная арочная и гравитационная арочная плотины: то же самое также относится к гравитационной плотине. Здесь требуется исследование трехмерного анализа трещин и ее динамическое поведение. Предел для перемещений зависит от формы долины и геометрии плотины. В случае арочной плотины допустимые перемещения могут быть меньше 5 см. Многое зависит от характера перемещения. Это верно для всех бетонных плотин. Движения разлома вызовут трещины почти во всех бетонных плотинах. Плотина Zeuzier в Швейцарии является тому типичным примером.

В качестве защитной меры, чтобы ограничить влияние трещин, необходимо поставить фильтры в переходных зонах (например, от 35 до 40% песка).

Приведем **основные рекомендации для проектирования и строительства грунтовых плотин в условиях сильных землетрясений (ICOLD, 2001):**

- Фундамент должен быть из очень плотных материалов или скал; фундаментные материалы должны быть уплотнены или заменены на высокоуплотненные материалы, чтобы предупредить его сжижение или потерю прочности.
- Материалы - заполнители, которые, как правило, создают значительное поровое давление во время сильных колебаний, не должны использоваться.
- Все зоны грунтовой плотины должны быть тщательно уплотнены, чтобы предотвратить чрезмерные колебания во время землетрясения.
- Все грунтовые плотины, особенно однородные, должны иметь внутренние дренажные зоны высокой емкости для просачивания из любого поперечного растрескивания, вызываемого землетрясением.
- Необходимо использовать широкополосные переходные и сливные зоны.
- С верховой и низовой стороны ядра должны предусматриваться переходные зоны, способные к самовосстановлению, т.е. исцелить трещины в ядре.
- Необходимо обеспечить достаточную высоту надводного борта с целью покрыть возможные колебания во время землетрясения и возможные волны воды в водохранилище из-за массовых движений и т.д.
- Так как могут произойти трещины в гребне, то его ширина должна быть больше, чем обычно, с целью большего пути просачивания через любые поперечные трещины, которые могут возникнуть во время землетрясений.

Конструкция защитных мер для грунтовых плотин с потенциально активными разломами обсуждаются Wieland и др. (2008).

Все ядра в грунтовых плотинах подвержены растрескиванию и большинство ядер, как по-

лагаются, имеют трещины, скрытые от наших глаз. Наиболее опасная форма трещин – трансверсальное растрескивание, вызываемое растягивающими напряжениями, которые развиваются в результате материалов различной жесткости в основании. Наиболее эффективный способ для снижения опасности гидравлического разрыва пласта – создание полного перехвата системы переходных зон и стоков.

Если происходит сильное землетрясение, которое может привести к повреждению плотины, то, как ожидается:

- сооружения и оборудования, расположенные в плотине и водохранилище, могут быть серьезно повреждены;
- доступ к месту расположения может быть затруднен из-за оползней, камнепадов, мусора на дорогах, трещин в дорожном покрытии, деформаций грунта, поврежденных мостов, местного наводнения и т.д.;
- доступ к удаленным местам плотины будет возможен только с помощью вертолета.

Быстрая реакция является необходимым условием для спасения жизней, что включает возможность доступа к месту плотины для непосредственного обеспечения безопасности и оценки ущерба. Доступ приобретает все большее значение как все большее число плотин, особенно в отдаленных районах или местах с затрудненным доступом в отдельные периоды года, контролируется и управляется центром дистанционного управления. Степень повреждений нельзя оценить лишь по имеющимся инструментам мониторинга. Они являются важными факторами в случае чрезвычайного планирования (ICOLD, 1988/2008).

Сейсмическая безопасность плотины зависит от следующих факторов (рекомендуется включить в паспорт сооружения):

1. Структурная безопасность: сила, чтобы противостоять сейсмическим силам без ущерба; возможность поглощать высокие сейсмические силы неупругих деформаций (открытие швов и трещин в бетонных плотинах; движения в стыке с основанием (скальные породы); неупругие деформационные характеристики слагающих грунтов); устойчивость (скольжения, оползневые эффекты в откосах) и т.д.

2. Мониторинг безопасности сооружения: слежение за показаниями контрольно-измерительной аппаратуры (КИА); визуальные обследования и анализ состояния и оценка безопасности после землетрясения и т.д.

3. Общие меры по безопасности при эксплуатации сооружения: правила поведения обслуживающего персонала сооружения при чрезвычайных ситуациях (при прорыве плотины, переливе воды через гребень), перечень необходимых мероприятий и т.д.

4. Чрезвычайная ситуация: сирена; произвести эвакуацию личного состава, вывезти документы и материальные ценности; обеспечить безопасный доступ к плотине и водохранилищу после сильного землетрясения; снижение уровня воды в водохранилище и т.д.

Вышеуказанные факторы являются **основными**, обеспечивающими безопасность и проектирование сейсмостойких сооружений плотины.

Таким образом, в настоящее время основные аспекты расчета ГТС при проектировании в сейсмических районах по нормам основываются на простом методе. Если нет никакой информации относительно сейсмической опасности или она недоступна, то на практике обычно сейсмический коэффициент берется равным 0.1. Ныне признано, что при землетрясении ускорение основания значительно выше, чем те, которые приняты при проектировании многих эксплуатируемых плотин. В состав Международной Комиссии по большим плотинам, созданной в 1955 г., входят эксперты по землетрясениям из 28 различных стран мира. Ими подготовлены многие руководящие принципы по различным аспектам сейсмического анализа, проектирования и сейсмического контроля плотин. Их используют страны, у которых нет никаких определенных сейсмических кодексов или инструкций для плотин. Комитетом обсуждаются следующие аспекты: хорошая практика при проектировании плотины и ее безопасность, которая включает безопасность сооружения, контроль за безопасностью, эксплуатационная безопасность и обслуживание плотины, аварийное планирование.

В материалах конференции содержатся вопросы, связанные с методологией оценки и снижения сейсмического риска плотин ГЭС. Данная методология разрабатывалась с целью ее распространения на плотины с соответствующей уязвимостью. Рассмотрено 133 плотины в Канаде.

Сюда включены гравитационные, грунтовые и каменно-набросные плотины. Сейсмический анализ уязвимости проводился для плотин, эксплуатируемых в восточной и западной частях Канады. Выбранные плотины являются в основном ГТС. Сейсмическая уязвимость для каждой плотины определена из комбинаций вероятности различных уровней сейсмической опасности по ее местности, с вероятными повреждениями типа плотины, в соответствии с рассмотренным сейсмическим уровнем опасности (данные поставляются геологической службой Канады). Канадские ученые учитывали возраст плотины в факторах сейсмической оценки опасности при проектировании. И в зависимости от типа плотины и строительного периода (возраста) некоторые плотины, расположенные в более низкой зоне сейсмичности, оказались более уязвимыми сейсмическим движениям, чем другие плотины в области высокой сейсмичности.

Вероятность повреждения плотин представлена кривыми уязвимости. Развитие кривых уязвимости основано на отчете АТС-13 (АТС 1985). Следует отметить, что вероятность повреждений, представленных в отчете АТС -13 (АТС, 1985) первоначально предназначены для оценки ущерба в результате землетрясения сооружений в Калифорнии. Вследствие подобных характеристик норм проектирования, методов строительства и сейсмических условий в Калифорнии и в западной части Канады считается, что параметры местности Калифорнии могут быть использованы для Западной части Канады. В связи с тем, что характеристики сейсмических движений грунта в восточной части Канады отличаются от движений в западной части Канады (Адамс и , 2003) (это связано с различными физическими свойствами земной коры и различных механизмов в образовании движения грунта в Восточной и Западной Канады), кривые уязвимости для плотин, расположенных в восточной части Канады, были получены с корректировкой западных кривых уязвимости.

Анализ сейсмической уязвимости проводился для каждого типа плотин с целью определения вероятности повреждений и распространения методологии на плотины в соответствии с их сейсмическими рисками. Вероятности сейсмических повреждений определялись с учетом сейсмической опасности на местах и уязвимостью плотины посредством кривых уязвимости. Методология была распространена для большого количества плотин, расположенных в Британской Колумбии, Квебеке и Онтарио, учитывая их расположение в высокой, средней и низкой сейсмичности регионов в Канаде. Некоторые плотины в провинции Квебек и Онтарио имеют выше сейсмический риск, чем другие плотины, расположенные в Британской Колумбии, хотя их территории имеют более низкую сейсмическую опасность, это связано с тем, что восточные плотины более старые (имеют больший срок эксплуатации). Отметим, что полученные вероятности не представляют фактической опасности, так как их значения показывают только относительный уровень риска каждой плотины.

В Узбекистане в Институте сейсмостойкости сооружений АН РУз В.А. Кондратьевым, Е. Кузьминой и др. под руководством академика АН РУз Т.Р. Рашидова на протяжении последних десяти лет проводятся широкомасштабные исследования по оценке сейсмического риска и разработке планов мероприятий по снижению ущерба от возможных землетрясений. Разработанная методология оценки и снижения сейсмического риска зданий и сооружений для местных условий прошла практическую апробацию и была использована в выполнении ряда отечественных и международных проектов. Кроме того, результаты отмеченных исследований легли в основу специальной монографии по обеспечению сейсмической безопасности в Узбекистане. В ней освещена вся совокупность вопросов, связанных с комплексной оценкой сейсмического риска, содержатся сведения об информационной разработанности проблемы, методах и инструментах исследования, источниках исходной базы данных, формах использования результатов и влиянии, которое оказывает осуществление стратегии снижения сейсмического риска на стабильность жизни общества в случае стихийных бедствий и рациональное распределение имеющихся ресурсов. Для ГТС также разработана методология оценки и снижения сейсмического риска (в общей форме), основные положения которой были представлены и получили одобрение и поддержку на Международной конференции по ГТС в Японии и были опубликованы в сборнике трудов этой конференции [2]. Отмеченные материалы также докладывались на Семинаре по управлению безопасностью плотин, проведенном в рамках Программы развития потенциала, АБР-RCDTA 7547 (ТС) в Госводхознадзоре 19 – 20 сентября 2012 г. Разработанную методологию намерены применить на трех характерных специально выбранных плотинах (Каттакурганского водохранилища – 7 баллов, Каркидон-

ского водохранилища – 9 баллов, Гиссаракского ГЭС – 8 баллов), расположенных в трех разных сейсмических регионах (Самаркандская область, Ферганская долина, Кашкадарьинская область) в целях распространения на другие плотины и крупные особо важные водные объекты нашей республики.

Анализ состояния вопроса показывает, что при проектировании и строительстве ГТС в сейсмически активной зоне очень важны и неизбежны сеймотектонические исследования и исследования сейсмического риска. На наш взгляд, необходимо усовершенствовать разработанные методы сеймопроектирования для ГТС, учитывая международный опыт с привязкой к местным условиям, как сделано в Японии. Необходимо также учитывать, что территория нашей республики имеет разный уровень сейсмической опасности в регионах. Для этого требуются проведение комплексной и, вместе с тем, детальной оценки риска и разработка рекомендаций, мероприятий и Мастер-планов по управлению риском, ориентированных на снижение возможного экономического и социального ущерба, используя современные технологии оценки и снижения риска. Поэтому нами, в рамках выполняемого проекта, запланированные исследования, разработки и рекомендации проводятся на трех плотинах, расположенных в трех разных сейсмических регионах (Самаркандская область, Ферганская долина, Кашкадарьинская область) в целях распространения на другие плотины и крупные особо важные водные объекты нашей республики.

Так как мы живем в этой стране, мы должны попытаться защитить жизнь людей от последствий возможных землетрясений. Строительство основных сооружений в таком регионе должны отвечать требуемым факторам безопасности. С участием сотрудников Госводхознадзора проведенные натурные обследования плотин Каттакурганского и Каркидонского водохранилищ и Гиссаракской ГЭС и анализ их состояния дают возможность дать предложения-рекомендации по их надежной и безопасной эксплуатации и в дальнейшем обеспечат возможность долгосрочного и оперативного планирования действий, снижающих сейсмический риск как для самого сооружения, так и для населения и народнохозяйственных объектов, находящихся в окрестности расположения гидротехнических сооружений. Придавая важность этому вопросу, с целью общего ознакомления мы привели данный материал, который представляет интерес и является необходимым аргументом при проектировании ГТС, их строительстве и эксплуатации.

Работа выполнена в рамках гранта ФА-И8-Ф001-«Оценка и снижение сейсмического риска крупных особо важных гидротехнических сооружений и их оснований (проведение исследований, разработка методологии и их внедрение)».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] 14th WORLD CONFERENCE ON EARTHQUAKE ENGINEERING (Материалы XIV Всемирной конференции по сейсмостойкому строительству, касающиеся описания повреждений и разрушений плотин в различных регионах мира). Пекин, 2008.
- [2] Rashidov T.R., Kondratiev V.A., Akhmedov M.A., Tuchin A.I. Strategy of reduction of seismic risk for hydro-technical structures // Proceeding of the international conference on performance-based design in earthquake geotechnical engineering (IS-Tokyo 2009), 15-18 June 2009. Tokyo, P.975 – 981.

Институт сейсмостойкости сооружений АН РУз

Дата поступления
21.10.2015

Т.Р. Рашидов, К.Д. Салямова, Е.В. Ан. Гидротехник иншоотларида кучли zilzilalarни таъсири билан bogliq zilzilabardosh qurilishi b'yiicha XIV butunjahon konferentsiyasini (Пекин, 2008 й.) материаллари тахлили
Мақолада ГТИни (грунтли, бетонли, контрфорсли, аркали плотиналар) zilzilabardosh qurilishi b'yiicha материалларнинг қисқача обзори келтирилган, уларнинг хавфсизлигига эътибор қаратиши (ICOLD) ва келгусида илмий ва амалий тадқиқотларда қўллаш кераклиги таъкидлаб ўтилган. Шунингдек сейсмик хавф б'yiicha Ўзбекистонда олиб борилган тадқиқотлар келтирилган.

T.R. Rashidov, K.D. Salyamova, E.V. An. Analysis of materials of the XIV World Conference on Earthquake Engineering (Beijing, 2008) related to the impact of large earthquakes in the waterworks

The article is a summary of materials on earthquake engineering of waterworks (ground, concrete, buttress, and arch dams), focusing on their safety (ICOLD) and future needs in the scientific and practical studies. As well as research on seismic risk, carried out in Uzbekistan.

О ФИЗИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ И ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В порядке обсуждения

Впервые термин «физическая реальность» введен в методологию физического познания А.Эйнштейном. Это понятие связано, с одной стороны, с содержанием категории «объективная реальность», а с другой – с содержанием категорий объекта и субъекта познания.

Определение или представление о физической реальности (ФР) всегда было предметом споров среди философов и физиков. Еще А.Эйнштейн писал: «Наши представления о физической реальности никогда не могут быть окончательными».

Рассуждая о сущности ФР, считаем бесспорным одно – ФР есть сама природа! Она включает все, что в ней есть и что происходит в ней. Полагаем, что при всем бесконечном разнообразии вещей и явлений ФР обязательно должна обладать следующими двумя признаками (атрибутами):

а) быть (представлять собой) объективной реальностью, т.е. не зависеть от нашего сознания и восприятия (по И.Канту, это «вещи в себя»);

б) иметь свойство реагировать на внешние воздействия и самой оказывать воздействие на окружающие ее другие физические реальности.

Все остальные атрибуты (свойства) вещей и явлений могут присутствовать или нет, в той или иной степени отличаться друг от друга, но вышеназванные два атрибута обязательны для ФР. Отсутствие хотя бы одного из них не дает основания считать данную вещь или явление ФР.

Однако, размышляя в этом направлении, следует отметить, что та ФР, о которой идет речь, по сути является «абсолютной» ФР. Она существует при любых условиях и её «объективная реальность» и «отличие» от окружающей среды подразумеваются по отношению к «абсолютному вакууму» или «ничто»!

Считаем, что, кроме понятия «абсолютная физическая реальность», следует различать еще понятие «отличительная физическая реальность». Ведь в природе множество вещей и явлений, которые в одних условиях представляют собой самостоятельную, отличающуюся от окружения ФР, а в других исчезают как таковые.

Например, берем кусок льда и опускаем его в посуду с водой. Лед, отличающийся от воды по ряду физических свойств (атрибутов) и, конечно, представляющий собой «отличительную» ФР, спустя некоторое время полностью растворится и превратится в часть среды (воды). Тем самым, он перестает существовать как «отличительная» ФР.

С понятием «отличительная» ФР неразрывно связано такое понятие, как «размерность». Невозможно представить себе какую-нибудь «отличительную» ФР без определенной размерности, т.е. без определенных границ, форм и размеров. Отсутствие определенных границ (или «безграничность») равнозначно отсутствию «отличительной» ФР.

Таким образом, можно считать, что «отличительная» ФР есть ФР относительно (по отношению) к окружающей среде и другим «отличительным» ФР. Полагаем, что это понятие имеет принципиально важное значение в понимании мироздания.

В зависимости от соотношения времени существования наблюдателя и наблюдаемого объекта (ФР), думаем, что можно различать «настоящую» ФР (существующую одновременно с наблюдателем) и «относительную» ФР. Последняя есть ФР, которая существовала раньше (в «прошлом») по «общевселенскому» времени, чем наблюдатель, и наблюдатель воспринимает её по сохранившейся информации о ней.

Например, мы можем наблюдать (воспринимать свет, информацию) за космическими объектами (звезды и др.), которые существовали много миллиардов лет назад и которых, возможно, уже нет.

Размышляя о таком понятии, как ФР, нельзя не говорить о «физической системе» (ФС), ибо любая форма «отличительной» ФР одновременно является и ФС. Иначе говоря, любая ФС

должна представлять собой «отличительную» ФР, т.е. представлять собой ФР, отличающуюся от окружающей её среды и от других ФР и ФС. Можно считать, что все материальные объекты (предметы, вещи), существующие в природе, которые мы видим и знаем, по существу являются ФС.

Греческое слово *system* буквально означает «целое, составленное из частей». Существуют разные определения понятия «система». Например, в Большой советской энциклопедии «система – это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которое образует определенную целостность, единство». Согласно А. Вейнику (1968), ФС – это система, представляющая собой определенное количество материи, которая мысленно отделена от окружающей среды контрольной поверхностью [1].

По мнению В.Кошарского (2006), ФС – это «совокупность взаимосвязанных и взаимовлияющих элементов, расположенных в определенной закономерности в пространстве и времени и действующих совместно для достижения общей цели» [2].

И.Ш. Коган (2006), обобщив данные литературы, приводит следующее определение: «Физическая система – это мысленно выделяемая часть материального мира» [3].

Итак, что составляет суть ФС? Анализ данных литературы позволяет выделить следующие основные принципы строения признаков ФС. Один из главных признаков (свойств) ФС – её «целостность», проявляющаяся как нечто единое по отношению к другим условиям и ФС. Согласно А. Бахмутскому (2007), определение «целостности» звучит так: «Целостность системы – принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств её компонентов и невыводимость из свойств компонентов свойств системы» [4]. Далее, как отмечают Е.Б. Агошкова, Б.В. Ахлибинский (1998), в понятие ФС входит совокупность элементов а также связей между ними [5].

Можно считать, что любая ФС состоит из двух обязательных компонентов: а) элементов (составляющих частей) системы; б) связи, или связывающего агента (субстрата) системы. Наличие множественных элементов (составляющих частей) еще не достаточно, чтобы они составляли ФС. Чтобы была ФС между всеми элементами, должна быть постоянная внутренняя связь – обмен или передача информации. Именно постоянная внутренняя связь составляет суть ФС и определяет её целостность и все остальные свойства и параметры. Без внутренней связи элементы (составляющие части) будут разрозненными и не смогут считаться единой ФС!

Мы предлагаем следующее определение ФС: «ФС – есть совокупность составляющих частей, между которыми существует непрерывная внутренняя связь». Считаем, что это определение наиболее полно и лаконично отражает главный принцип строения ФС. Полагаем, что, если первый компонент, т.е. «составляющие части», определяют форму ФС, то второй её компонент, т.е. «внутренняя связь», – суть ФС.

Что касается физической сути или формы внутренней связи между элементами системы, то простой логический анализ показывает, что, хотя в природе существует бесчисленное множество форм связи, в основе их лежит только одно – действие или «импульс». Именно импульс, который передается только одним путем – столкновением, составляет физическую суть любой формы информации или связи.

Следует отметить, что составляющими частями системы могут быть любые материальные тела: от фундаментальных элементарных частиц до космических систем. При этом одна и та же ФС может быть по отношению к другой ФС в качестве «сверхсистемы» и одновременно быть составляющим элементом для другой вышестоящей «сверхсистемы».

В зависимости от характера составляющих элементов ФС может быть «однородной» (все элементы идентичные) или «разнородной» (составляющие элементы разные). С этим свойством ФС тесно связана такая её характеристика, как «изотропность». Последняя – показатель, характеризующий внутреннюю структуру системы, и она может быть различной в разных участках системы.

В зависимости от наличия связи (обмена информацией, импульсом) с внешней средой («сверхсистемой») ФС могут быть «открытыми» и «закрытыми».

В «закрытой» системе общее количество элементов и сумма внутреннего импульса одинаковые и постоянные. Для этого требуется полное отсутствие каких бы то ни было внешних воздействий на ФС или их полная взаимная уравновешенность. Следует признать, что в природе не

может быть «абсолютно закрытых» систем, потому что все они находятся в одной единой сверхсистеме – Вселенной (ПВК) и являются одновременно её составляющими элементами.

Считаем, что еще одним, принципиально важным атрибутом ФС является её «размерность». Любая ФС должна иметь определенные границы, в пределах которых она существует, т.е. представляет собой «отличительную реальность».

Размерность ФС тесно связана с понятием «локальность». Последнее подразумевает «место расположения» ФС, или её пространственные координаты.

Может возникнуть вопрос: могут ли две отдельные ФС занимать один и тот же участок пространства (т.е. иметь одни и те же координаты)? Ответ: да, могут! Это зависит от того, что собой представляет ФС. Как отмечалось, ФС состоят из двух компонентов: а) составляющих частей (элементов); б) внутренней связи. Если две ФС отличаются друг от друга хотя бы одним из этих компонентов, то они уже являются отдельными (разными) ФС или «отличительной реальностью».

Например, «броуновское движение» мельчайших материальных частиц (пыльца растений) в жидкости или газе. Совокупность этих материальных частиц (имеющих определенную массу и кинетическую энергию), находящихся в состоянии непрерывного хаотического движения, составляет ФС. Однако эта система находится внутри другой системы – среды (жидкости или газа), составляющие частицы - молекулы которой также находятся в состоянии непрерывного хаотического движения. Собственно, именно последние (элементы среды) и приводят в движение элементы первой ФС (материальных частиц), т.е. создают «внутреннюю связь» её.

Таким образом, вышеуказанные две ФС, имеющие одинаковую размерность (занимающие один и тот же участок пространства), отличаются друг от друга только своими «элементами». Суть внутренней связи у них одна и та же – непрерывное хаотическое движение составляющих частиц.

Следует отметить, что размер ФС как атрибут её «формы» не является её фундаментальным свойством. Размерность ФС может быть стабильной или нестабильной, т.е. может менять свои размеры и форму, но при этом сохранять свою сущность – внутреннюю связь. Именно внутренняя связь определяет суть ФС. Чтобы ФС отличалась от другой, например, своей сверхсистемы (как «отличительная физическая реальность»), вовсе не обязательно, чтобы она состояла из других составляющих частиц (элементов). Она может состоять из тех же элементов, что и сверхсистема («среда»), но иметь другой характер (принцип) внутренней связи. Последняя создает ФС и делает её «отличительной реальностью».

Логика подсказывает, что должна быть строгая зависимость между «размерностью» конкретной ФС и «размерностью» окружающей её «сверхсистемы», в состав которой она входит. Размерность системы (ФС) не может превышать размерность «сверхсистемы», в которой она находится!

Еще одним важным параметром ФС является показатель её стабильности, определяемый продолжительностью времени существования системы. В зависимости от степени стабильности предлагается различать: а) «квазисистемы» - крайне коротким временем существования (10 – 10 с); б) нестабильные ФС (время существования 10 – 10 с); в) стабильные ФС (время существования 10 – 10 с); г) метастабильные ФС (время существования – свыше 10 с).

Факторами, определяющими степень стабильности ФС, являются: а) плотность (количество составляющих частиц в единице объема); б) степень интенсивности внутренней связи.

С понятием «стабильность» тесно связано еще одно свойство ФС – «автономность». Степень «автономности» ФС характеризует свойство системы «самой» поддерживать свое существование, без «поддержки» (вмешательства, действий) извне. Логический анализ подсказывает, чтобы ФС обладала высокой степенью «автономности», она должна: а) быть «сверхсистемой», состоящей из подсистем; б) быть «симметричной» и состоять из симметричных друг другу, но противоположных по существу подсистем.

Таким образом, можно полагать, что все мироздание, как физическая реальность, на всех его уровнях состоит из физических систем. Каждая из ФС, будучи «отличительной ФР», как правило, сама состоит из других – меньших ФС и одновременно представляет собой составную часть вышестоящей «сверхсистемы».

Абсолютной физической реальностью и абсолютной «сверхсистемой» является сама Вселенная (мироздание).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Вейник А.И. Термодинамика. 3-е изд. Минск: Вышейшая школа, 1968. – 464 с.
- [2] Кошарский В. Системный подход – путь к познанию и решению проблем // Системные исследования и управление открытыми системами. Вып.2. Хайфа: Центр «Источник информации», 2006. С. 9 – 19.
- [3] Коган И.Ш. Обобщение и систематизация физических величин и понятий. Хайфа, 2006. – 207 с.
- [4] Бахмутский А. Доминант понятия «система» // Системные исследования и управление открытыми системами. Вып.3, Хайфа: Центр «Источник информации», 2007. С. 9 – 19.
- [5] Агошкова Е.Б., Ахлибинский Б.В. Эволюция понятия системы // Вопросы философии. 1998. № 7. С. 170 – 179.

Республиканский научный центр экстренной медицинской помощи

Дата поступления
14.10.2015

А.М. Хаджибаев. Физик реаллик ва физик тизимлар ҳақида

Мақола фалсафа ва физиканинг асосий категориялари бўлиши “физик реаллик” ва “физик тизим” тушунчаларни таҳлил қилишга бағишланган бўлиб, унда муаллиф ушбу тушунчаларга янги, оригинал талқин беради. Жумладан, муаллиф илк бор “Фарқланувчи физик реаллик” тушунчасини киритишини таклиф этади ва уни асолайди. Шу билан бирга муаллиф “физик тизим” тушунчасини ҳам моҳиятини акс эттирувчи янги талқинни таклиф этади.

A.M. Hadjubaev. About physical reality and physical systems

Philosophical and physical aspects of substantial categories, i.e. “physical reality” and “physical system” are described in the article. Using his line of reasoning regarding the main attributes of physical reality, author is offering a new term of “distinctive physical reality”. In addition, author is offering a new original determination of the “physical system”, and is describing its main parameters.

Примечание 1: В рукописи излагаются рассуждения автора о физических реальностях (ФР). Констатируя два обязательных атрибута ФР (т.е. ФР не должна зависеть от нашего сознания и восприятия, а также ФР должна иметь свойство реагировать на внешние воздействия и сама оказывать воздействие на другие ФР), он вводит понятие «отличительная физическая реальность (ОФР)», которое имеет важное значение в понимании мироздания.

Размышляя о понятии физической системы (ФС), автор предлагает наиболее полное и лаконичное определение ФС: «ФС – есть совокупность составляющих частей, между которыми существует непрерывная внутренняя связь». На наглядных примерах физических явлений автор раскрывает сущность атрибутов ФС – размерность, локальность, стабильность, автономность.

Философские умозаключения автора облегчат понимание физической сути вещей и явлений, поэтому рекомендую рукопись к публикации.

докт. пед.наук, проф. О.И. Ахмеджонов

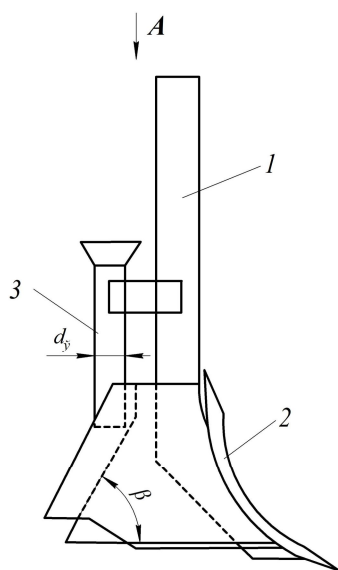
Примечание 2: При формировании в качестве заместителя главного редактора этого номера журнала мне не очень хотелось включать эту статью, но прочитав книгу автора «Размышления о сути вещей и явлений» (Ташкент: Узбекистан, 2015) пришел к выводу о небесполезности публикации данной статьи, ибо практически все мы используем все категории диалектики в своей научной деятельности.

докт.техн.наук, проф., зам.гл.ред. Г.Х. Хожметов

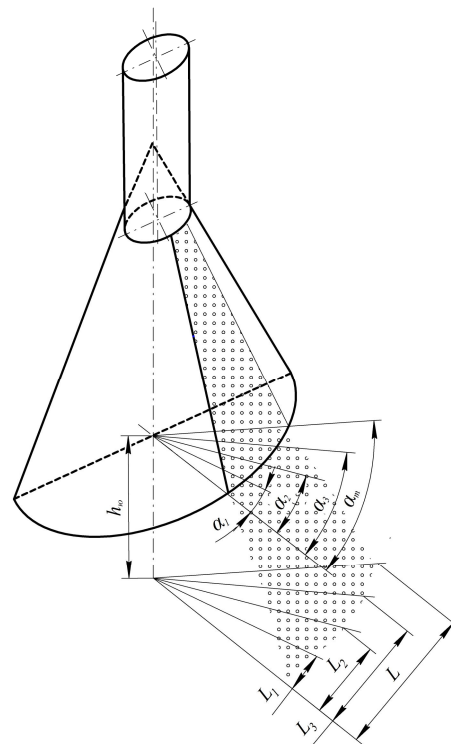
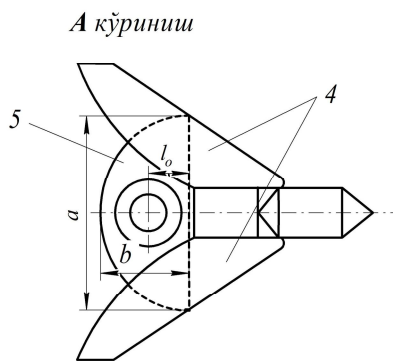
ОРГАНОМИНЕРАЛ ЎЎГИТЛАРНИ КЕНГЛИК БЎЙИЧА СЕПИЛИШ НОТЕКИСЛИГИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ

Тупрокшунослик ва агрохимё илмий-тадқиқот давлат институтида ўтказилган тадқиқотларда мамлакатимиз тупроқларида гумус миқдорини камайтирмасдан сақлаб туриш учун ҳар йили ҳар бир гектар суғориладиган ерга 17 – 18 тонна органик ўғит солиш керак (бунинг учун ҳар гектар ерга 2 – 3 шартли қорамол тўғри келади). Лекин, ҳозирги пайтда суғориладиган ҳар бир гектар ерга тўғри келадиган қорамоллар сони ва улардан олинадиган гўнг миқдори анча кам. Бундай шароитда органик ва минерал ўғитлар аралашмаси (қуйида органоминерал ўғитлар) ўсимлик илдизи ривожланадиган қатламга тасмасимон (14 – 16 см кенгликда) солиш лозим. Институтиимизда ўтказилган тажрибалар бу усул қўлланилганда органоминерал ўғитларни солиш меъёри гектарига 2 – 3 тонна эканлиги аниқланган. Бунда ўғитларнинг самарадорлиги ошиши билан бир қаторда уларни тежаш имконияти юзага келади. Таъкидланган усулни амалга ошириш учун пушта шакллантиришда бир йўла ўғит солиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Қўйилган масалани ҳал этиш учун органоминерал ўғит солувчи иш органининг конструкцияси ишлаб чиқилди [1]. У устун 1 ва унга ўрнатилган юмшаткич панжа 2, у томонидан юмшилган тупроқни икки ён томонга суриб, ўғит солиш учун эгат очувчи ўнг ва чап канотлар 4, ўғитўтказгич 3 ҳамда ундан тушаётган ўғитни очилган эгат тубига кенг тасмасимон шаклда солиш учун устуннинг орқа томонига ўрнатилган конуссимон сочкич 5 дан ташкил топган (1-расм).



1-расм. Ўғитни тасмасимон шаклда солувчи иш органининг схемаси:
1 – устун; 2 – юмшаткич панжа; 3 – ўғитўтказгич; 4 – ўнг ва чап канотлар; 5 – конуссимон сочкич



2-расм. Конуссимон сочкич асосида ўғитларнинг тарқалиш бурчагини тенг бурчакларга бўлиш ва шу бурчакдаги ўғитларни тушиш масофасини аниқлашга доир схема

Иш жараёнида ўғит конуссимон сочкичга унинг марказидан l_0 масофада жойлашган ўғитўтказгичдан келиб тушади ва унинг сиртида ҳамда ундан тушгандан кейин эркин ҳаракат қилиб, ерга L кенгликда тасмасимон бўлиб тушади (2-расм). Агротехник талабларга асосон тасма-

симон бўлиб солинган ўғитнинг кенглиги бўйича сепилиш нотекислиги 10 % ортмаслиги лозим. Таъкидланган агротехник талабни таъминлаш учун конуссимон сочкичнинг асоси эллипс бўлиши лозим.

Тасмасимон бўлиб тушган ўғитнинг кенглиги бўйича сепилиш нотекислигини назарий асослаш учун 2-расмда тасвирланган схемага асосан қўйидагиларни аниқлаймиз[1]:

- конуссимон сочкичда ўғитнинг тарқалиш бурчаги

$$\alpha_m = \arctg(0.5d_{\bar{y}} / \sqrt{l_o^2 - (0.5d_{\bar{y}})^2}), \quad (1)$$

- ўғитларнинг тарқалиш бурчаги бўйича тушиш масофаси

$$\begin{aligned} L = & 2 \left\{ V_2 \cos \arctg \left(0.5k_{\kappa} atg\beta / \sqrt{\left[\frac{k_{\kappa} a}{4} \sqrt{\frac{1}{0.25(k_{\kappa} tg^2 \alpha_m + 1)}} \right]^2 (1 + tg^2 \alpha_m)} \right) \right. \\ & \times \left. \left\{ -V_2 \sin \left[\arctg \left(0.5k_{\kappa} atg\beta / \sqrt{\left[\frac{k_{\kappa} a}{4} \sqrt{\frac{1}{0.25(k_{\kappa} tg^2 \alpha_m + 1)}} \right]^2 (1 + tg^2 \alpha_m)} \right) \right] + \right. \right. \\ & \left. \left. + \left[V_2 \sin \left[\arctg \left(0.5k_{\kappa} atg\beta / \sqrt{\left[\frac{k_{\kappa} a}{4} \sqrt{\frac{1}{0.25(k_{\kappa} tg^2 \alpha_m + 1)}} \right]^2 (1 + tg^2 \alpha_m)} \right) \right] + 2gh_{ю} \right]^{0.5} \right\} / g + \right. \\ & \left. + \sqrt{\left[\frac{k_{\kappa} a}{4} \sqrt{\frac{1}{0.25(k_{\kappa} tg^2 \alpha_m + 1)}} \right]^2 (1 + tg^2 \alpha_m)} \right\} \sin \alpha_m, \end{aligned} \quad (2)$$

бунда l_o – ўғитўтказгични конуссимон сочкич марказига нисбатан ўрнатилиш масофаси; V_2 – ўғитнинг конуссимон сочкичдан тушиш тезлиги; $d_{\bar{y}}$ – ўғитўтказгичнинг диаметри; $h_{ю}$ – конуссимон сочкичнинг юриш баландлиги; a – конуссимон сочкич асосининг катта ўқи; k_{κ} – конуссимон

сочкич асосининг сиқилиш коэффициенти; $k_{\kappa} = \frac{a}{b}$, b – конуссимон сочкич асосининг кичик ўқи.

Юқорида таъкидланган агротехник талабни қандай омиллар ҳисобига таъминлаш мумкин эканлигини аниқлаш учун ўғитни конуссимон сочкичда тарқалиш бурчаги (α_m)ни тенг, яъни α_1 , α_2 ва α_3 бурчакларга бўламиз (2-расм)

$$\alpha_m = \arctg(0.5d_{\bar{y}} / \sqrt{l^2 - (0.5d_{\bar{y}})^2}); \quad (3)$$

$$\alpha_1 = \frac{1}{4} \arctg(0.5d_{\bar{y}} / \sqrt{l^2 - (0.5d_{\bar{y}})^2}); \quad (4)$$

$$\alpha_2 = \frac{1}{2} \arctg(0.5d_{\bar{y}} / \sqrt{l^2 - (0.5d_{\bar{y}})^2}); \quad (5)$$

$$\alpha_3 = \frac{3}{4} \arctg(0.5d_{\bar{y}} / \sqrt{l^2 - (0.5d_{\bar{y}})^2}). \quad (6)$$

Ушбу кўрсатилган α_1 , α_2 , α_3 ва α_m бурчаклар остида тушаётган ўғитларни тушиш масофалари L_1 , L_2 , L_3 , ва L ни ҳамда улар орасидаги l_1 , l_2 , l_3 , ва l_4 масофаларни аниқлаймиз

$$l_1 = L_1, l_2 = L_2 - L_1, l_3 = L_3 - L_2, l_4 = L - L_3.$$

Конуссимон сочкич асосининг катта ўқи $a=18$ см, у билан ўғитўтказгич орасидаги масофани $l_o=5$ см ва ўғитўтказгичнинг диаметри $d_{\bar{y}}=6$ см қабул қилиб ҳамда α_m , α_1 , α_2 ва α_3 ларни

(3) – (6) ифодалар асосида аниқланган қийматларини ҳисобга олган ҳолда (2) ифода бўйича k_k нинг турли қийматларида ўғитларни тушиш масофалари L_1, L_2, L_3 , ва L ҳамда улар орасидаги эса l_1, l_2, l_3 , ва l_4 масофалар аниқланди. Олинган натижалар қуйидаги жадвалда келтирилган.

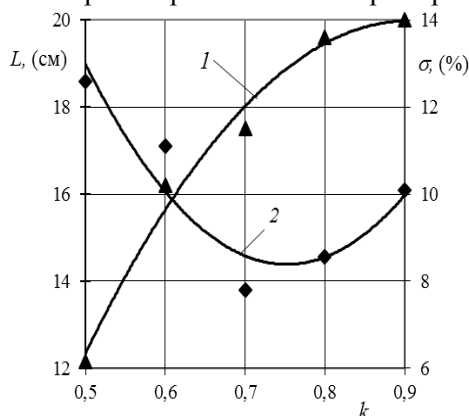
Солинган ўғитлар орасидаги масофаларни конуссимон сепкич асосининг сиқилиш коэффициентига боғлиқлиги

Кўрсаткич	Конуссимон сепкич асосининг сиқилиш коэффициенти									
	0.5		0.6		0.7		0.8		0.9	
	Ўғитлар орасидаги масофа, см	Ўртачадан четлашиши, см	Ўғитлар орасидаги масофа, см	Ўртачадан четлашиши, см	Ўғитлар орасидаги масофа, см	Ўртачадан четлашиши, см	Ўғитлар орасидаги масофа, см	Ўртачадан четлашиши, см	Ўғитлар орасидаги масофа, см	Ўртачадан четлашиши, см
l_1	1.93	0.36	2.15	0.24	2.37	0.09	2.58	0.07	2.79	0.25
l_2	2.08	0.22	2.26	0.13	2.43	0.03	2.58	0.07	2.71	0.17
l_3	2.37	0.08	2.47	0.08	2.52	0.06	2.54	0.02	2.51	0.03
l_4	2.78	0.49	2.69	0.29	2.53	0.07	2.35	0.16	2.16	0.39
Ўртача	2.29	0.29	2.39	0.19	2.46	0.06	2.51	0.08	2.54	0.21
Нотекислиги, %	12.55		7.73		2.54		3.18		8.26	

Маълумки, тушган ўғитлар орасидаги фарқ канчалик кичик бўлса нотекислик шунчалик кам бўлади. Ушбу шартга ва жадвалда келтирилган маълумотларга асосан қуйидагича хулоса қилиш мумкин. Конуссимон сочкич асосининг сиқилиш коэффициенти (k_k) 0.7 – 0.8 га тенг бўлганда $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ва α бурчаклар остида тушган ўғитлар орасидаги масофа бир бирига яқин. Бу эса ўз навбатида солинган ўғитларнинг кенглиги бўйича тенг тақсимланишини таъминлайди.

Назарий тадқиқотларни текшириб кўриш мақсадида тажрибавий тадқиқотлар олиб борилди. Унда конуссимон сочкич асосининг сиқилиш коэффициетини ўғит солиш кенглиги ва у бўйича сепилиш нотекислигига таъсирини ўрганилди. Бунда юриш баландлиги 6 см, асоси билан ясовчиси орасидаги бурчаги 65° этиб белгиланди.

Тажрибаларнинг натижалари 3-расмда график кўринишда келтирилган.



3-расм. Ўғит солиш кенглиги (1) ва у бўйича сепилиш нотекислиги (2)ни конуссимон сепкич асосининг сиқилиш коэффициентига боғлиқ равишда ўзгариш графиги

Графикдан кўришиб турибдики, сиқилиш коэффициенти ошиши билан солинган ўғит кенглиги ортмоқда. Бунини сиқилиш коэффициенти ошиши билан конуссимон сепкични ясовчисидан тарқалиш бурчаги остидаги ўғитнинг конуссимон сепкич марказига нисбатан чиқиш масофаси ортиши билан изоҳлаш мумкин. Солинган ўғитни кенглиги бўйича сепилиш нотекислиги сиқилиш коэффициенти 0.7 – 0.8 бўлганда агротехник талаб даражасида, яъни 10 фоиздан кичик кўрсаткичга эга бўлди. Чунки, назарий тадқиқотларда таъкидланганидек, конуссимон сепкич ясовчисидан тарқалиш бурчаги остида тушаётган ўғитларнинг тарқалиш масофалари бир-бирига тенг бўлади, бу эса ўғитларни

кенглиги бўйича текис солинишини таъминлайди.

Ўтказилган назарий ва тажрибавий тадқиқотлар натижасига асосан конуссимон сепкич асосининг сиқилиш коэффиценти 0.7 – 0.8 оралиғида бўлганда солинган ўғитнинг кенглиги ва у бўйича сепилиш нотекислиги агротехник талаблар даражасида бўлар экан.

АДАБИЁТЛАР

- [1] Хаджиев А., Комилов Н. Органик ўғитларни солувчи иш органи томонидан солинган ўғитнинг кенглигини тадқиқ этиш // Механика муоммолари. Тошкент, 2014. № 3 – 4. Б. 128 – 132.

Қишлоқ хўжалигини механизациялаш ва электрлаштириш илмий-тадқиқот институти

14.07.2015 й.
қабул қилинган

А. Хаджиев, Н. Комилов. Исследование неравномерности внесения органо-минеральных удобрений по ширине

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований по определению неравномерности внесения по ширине органо-минеральных удобрений. Установлено, что для обеспечения агротехнических требований основание конического распределителя должно иметь форму эллипса, а его коэффициент сжатия быть равным 0.7 – 0.8.

A. Hadzhiev, N. Komilov. Research of non-uniformity of seeding the organic mineral fertilizers till width

In article results, theoretical and experimental researches by definition of non-uniformity of seeding on width of the introduced fertilizer working body for entering the organic mineral fertilizers are resulted. It is established that for maintenance of agrotechnical requirements of non-uniformity of seeding on width of the introduced fertilizer, the basis of the conic distributor should have the ellipse form, and its factor of compression 0.7 – 0.8.

УДК 677.21.004.4.017.273

М.Т. ХОДЖИЕВ, М.Э. РУЗМЕТОВ

ИЗМЕНЕНИЕ ПРЯДИЛЬНЫХ СВОЙСТВ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА ОТ СРОКА ХРАНЕНИЯ И ПЛОТНОСТИ СКЛАДИРОВАННОГО ХЛОПКА-СЫРЦА

В технологии заготовки хлопка-сырца наиболее трудоемка и непроизводительна операция его складирования, которая по своей сложности и неуправляемости является основной в формировании условий, приводящих к сохранности или, напротив, потере качества волокнистого материала.

Заготовка хлопка-сырца в зависимости от погодных условий длится от 4 до 12 недель. В период благоприятной погоды (отсутствие осадков), когда соблюдается ритмичный темп сбора урожая, на заготовительные пункты может поступать хлопок-сырец в объеме от 2 до 10 % годового плана. Только 15 – 18 % заготовленного хлопка-сырца хлопкоочистительные заводы перерабатывают в течение сезона заготовок, а основную массу хлопка-сырца укладывают на длительное хранение для переработки в последующие месяцы.

В работе [1] установлено, что при хранении хлопка-сырца, складированного в бунты, особенно III – V сортов, наблюдается резкое различие качественных показателей в зависимости от слоя его расположения.

При хранении хлопка-сырца, особенно длительном, нижние слои подвергаются значительным давлениям и их плотность достигает более 350 кг/м³. Ранее нами был изучен вопрос переработки хлопка-сырца, извлекаемого из разных по высоте слоёв бунта. Исследованиями установлено изменение качественных показателей волокна и семян, а расчетным путем определена ожидаемая прочность пряжи.

Но вопрос изменения свойств волокна непосредственно в процессе прядения остался открытым. При этом, не имея данных о фактической прочности пряжи, неправомерно формулировать выводы.

В связи с этим нами поставлена цель – исследовать изменение технологических показателей волокна в процессе прядения.

Для этого проведены эксперименты в производственных условиях с большими массами хлопка-сырца селекции С-6524, складированного и хранящегося в бунтах, а также в закрытом хранилище, уплотненного до заданной плотности и со следующими исходными показателями: хлопок-сырец II сорта, $W=9.6\%$, $3=5.3\%$ и хлопок-сырец V сорта, $W=17.5\%$, $3=16.2\%$. Срок хранения хлопка-сырца в бунтах составил для II сорта 2.5 месяца, а для V сорта – 1 месяц.

Для определения влияния на показатели волокна в пряже слоя (или зоны) расположения хлопка-сырца, а также длительности его хранения в складированном состоянии в бунтах были проведены эксперименты по изучению образцов пряжи, изготовленных на лабораторной прядильной установке «Шерли» (Великобритания). Установка предназначена для экспрессного определения прядильной способности малых образцов хлопка, а также химических волокон в чистом виде или в смеси со штапельными волокнами длиной 65 мм и массой пробы 42 г, включая кардочесальную, ленточную и кольцепрядильную машины.

Для достижения наиболее точных и достоверных результатов экспериментов были изготовлены шесть образцов пряжи из шести проб волокна по 42 г каждая, полученных из хлопка-сырца II сорта С-6524, извлеченного из 6 разных по уровню слоёв бунта.

Физико-механические свойства образцов пряжи определялись как по стандартной, так и по нестандартной методикам.

Ввиду отсутствия по техническим причинам возможности доставки в лабораторию образцов волокна из хлопка-сырца V сорта все исследования проводились на образцах волокна из I и II сортов хлопка. На установке «Шерли» испытывалась малыми пробами пряжа с линейной плотностью 16.5 текс (№ 60).

Проверялись качество прочеса, относительная разрывная нагрузка одиночной нити, удлинение при разрыве, коэффициент вариации по разрывной нагрузке и засоренность пряжи [2].

Анализ данных позволил установить, что значения исследуемых показателей изменяются в зависимости от уровня размещения слоя хлопка-сырца в бунте. В частности, при длительном хранении хлопка-сырца в бунте происходит послойное ухудшение прядильно-технологических свойств волокна. С целью подробного изучения и уточнения результатов испытаний показателей волокна и пряжи проведено исследование физико-механических показателей чесальной ленты и пряжи на испытательных приборах, установленных в производственной лаборатории СП UzTEX.

Содержание пороков в чесальной ленте определено на приборе «Uster AFIS PRO 2». Результаты приведены в табл.1 для волокна I сорта. Как установлено, число непсов увеличивается по слоям в направлении сверху бунта вниз. Если лента, полученная из волокна с верхней части бунта, содержит 90 непсов в одном грамме волокнистого продукта, то лента, полученная из самой нижней части бунта, содержит 136 непсов. Это ещё раз подтверждает, что волокно, полученное из нижней части бунта, содержит наибольшее количество непсов. Это отрицательно влияет на категорию качества пряжи по международному стандарту «Uster statistics 2007». Анализ размеров непсов свидетельствует о том, что наибольший размер непсов в ленте составляет 776 мкм. Неравномерность непсов в виде коэффициента вариации с верхнего слоя к нижнему снижается. Для визуального анализа полученные результаты также приведены в виде гистограмм на рис. 1 и 2.

Таблица 1

Показатели пороков чесальной ленты (I сорт хлопкового волокна)

Слои бунта хлопка-сырца	Общее число непсов, шт/г	Средние размеры непсов, мм	Длина непсов			Сор, шт/г		
			L, мм	L (CV) %	SFC %<12.7 мм	общее число	размер, мм	пыльные частицы
1-й	90	664	27	33	4.1	1.11	167	1.09
2-й	98	688	27.2	32	3.5	1.21	173	1.2
3-й	109	714	27.5	33	4.1	1.27	163	1.25
4-й	124	740	27.6	33	4.6	1.33	182	1.35
5-й	133	743	27.7	31	4.1	1.38	175	1.26
6-й	136	776	28.0	32	4.2	1.41	181	1.31

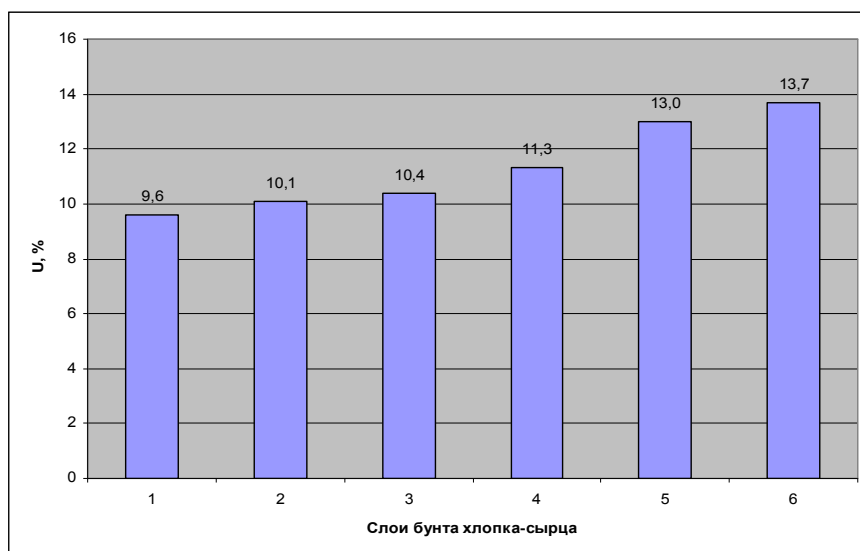


Рис. 1. Изменение линейной неровноты пряжи от слоев бунта хлопка-сырца

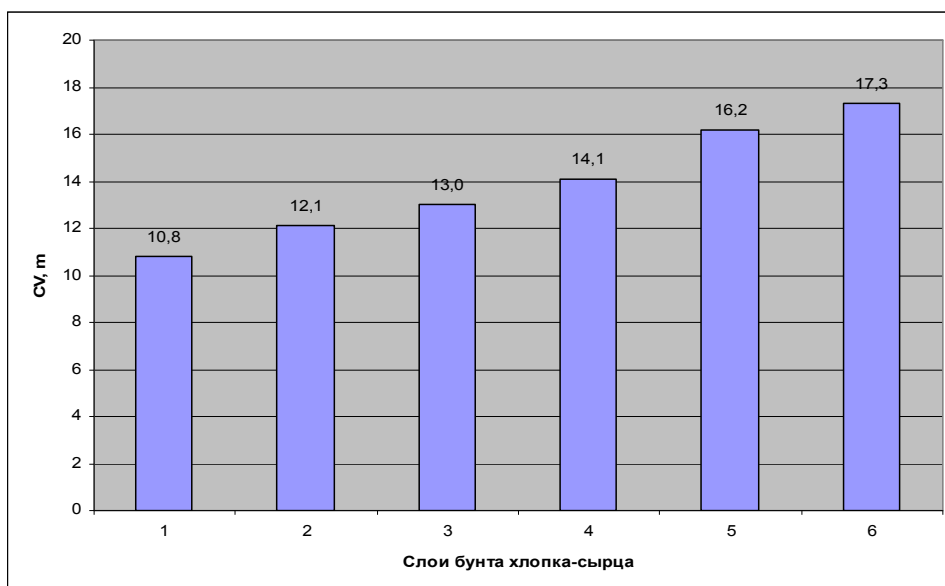


Рис. 2. Изменение квадратичной неровноты пряжи от слоев бунта хлопка-сырца

В табл. 2 приведены показатели пороков чесальной ленты, изготовленной из волокна хлопка-сырца II сорта, полученные путем её испытаний на приборе «Uster AFIS PRO 2». На основании анализа данных табл. 2 выявлено, что количество неспов увеличивается по слоям бунта в направлении сверху вниз с ухудшением качественных параметров пряжи при последовательном переходе от верхнего слоя бунта к нижнему. Это подтверждает выводы о том, что волокно, полученное из хлопка-сырца нижнего слоя бунта, содержит наибольшее количество таких пороков, как неспы.

Аналогичные явления по неровноте пряжи, представленные в виде гистограммы на рис. 3 и 4, наблюдаются в составе пряжи, полученной из волокна II сорта.

Таблица 2

Показатели пороков чесальной ленты (II сорт хлопкового волокна)

Слой бунта хлопка-сырца	Непсы		Длина волокна			Сор, шт/г		
	общее число непсов, шт/г	средние размеры непсов, мм	L, мм	L (CV), %	SFC%<12.7 мм	общее число	размер, мм	пыльные частицы
1-й	102	715	27.1	31.6	3.9	1.17	169	1.12
2-й	110	724	27.3	31.8	4.1	1.21	173	1.16
3-й	121	765	27.5	32.1	4.2	1.38	178	1.37
4-й	136	780	27.9	32.9	4.3	1.59	181	1.57
5-й	145	776	28.1	33.2	4.7	1.74	185	1.74
6-й	151	800	28.3	34.2	5.3	1.81	191	1.83

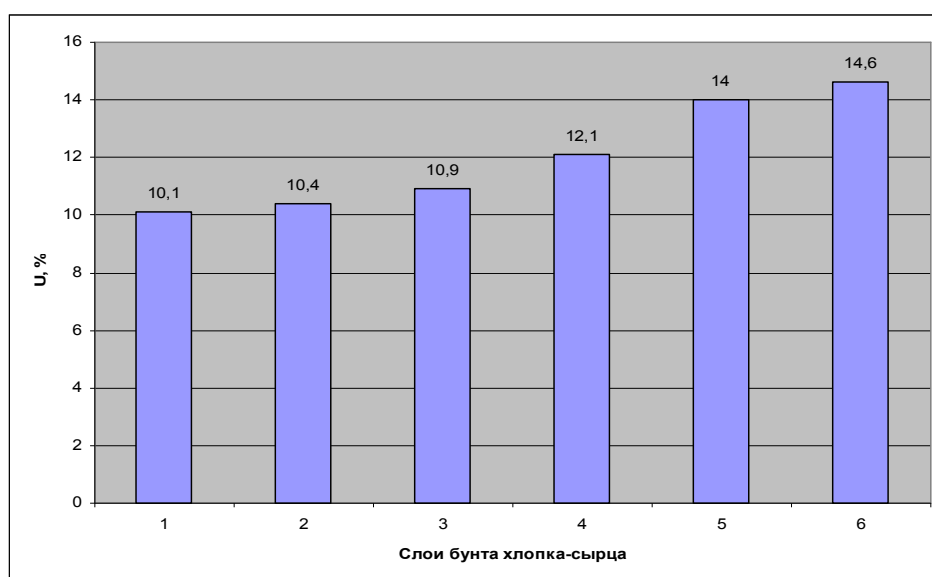


Рис. 3. Изменение линейной неровноты пряжи из волокна II сорта в зависимости от слоя бунта

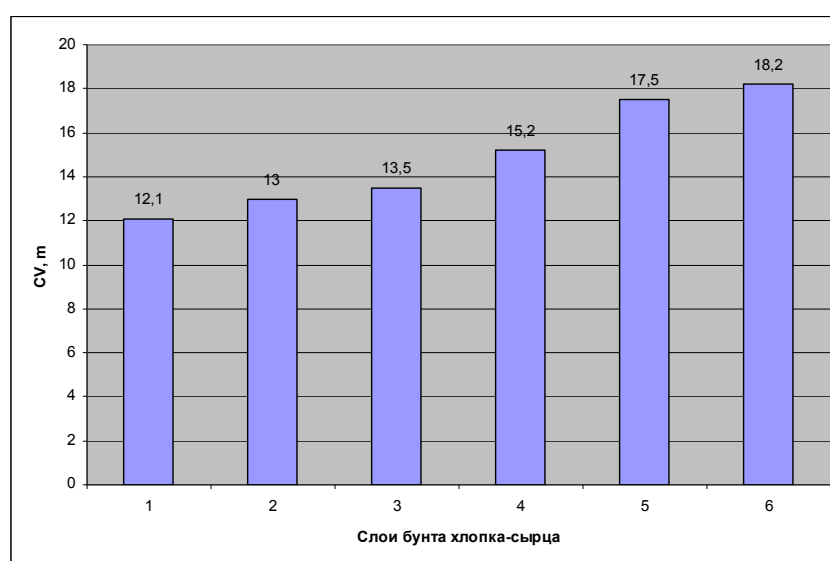


Рис. 4. Изменение квадратичной неровноты пряжи из волокна II сорта в зависимости от слоя бунта

Таким образом, результатами экспериментальных исследований физико-механических показателей свойств образцов волокна и пряжи, выработанных из проб, взятых из различных по уровням слоёв бунта, подтверждено, что при большой плотности хлопка-сырца и длительном хранении число пороков и узелков, а также сорных примесей и непсов увеличивается. Эти факторы приводят к увеличению неровноты пряжи, что отрицательно влияет на категорию качества получаемой пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ходжиев М. Т. Разработка теории и обоснование параметров механизированного технологического процесса мини-модульного уплотнения и складирования хлопка-сырца: Дис. ... докт. техн. наук. Ташкент, 1998. – 318 с.
- [2] Ходжиев М. Т., Рузметов М. Э. Определение прядильных свойств хлопкового волокна на лабораторной установке «Шерли» // Узбекский журнал «Проблемы текстиля». 2013. № 3. С. 11 – 14.

Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности

Дата поступления
03.07.2015

М.Т. Ходжиев, М.Э. Рузметов. Ғарамланган пахта хом-ашёсини узоқ вақт сақланиш ва ғарамлаш зичлигидан калава ипининг йиғирув хусусиятлари ўзгариши

Ушбу мақолада ғарамланган чигитли пахтани узоқ вақт сақланган ҳамда ҳар хил қатламларидан олинган намуналардан тайёрланган толадан лаборатория қурилмасида ҳосил қилинган калава ипининг таркибидаги нуқсонлар ва ифлос аралашмаларнинг вазний улушини унинг йиғирув-технологик хусусиятларига таъсири ўрганилган.

M.T. Hodjiyev, M.E. Ruzmetov. Changing the spinning properties of cotton fiber from the storage period and density of stockpiled raw cotton

This article is studied the influence to yarn technological feature of yarn elaborated in the labs “Sherli” mass of fault pieces and mixtures of dirt fibre samples from putting in packaging raw material depending on layer of its placement, data keeping and duration.

УЎК 677.21

Ш.Ш. ХАКИМОВ

ПАХТАНИ ТОЗАЛАШДА УНИНГ ТАРКИБИДАГИ МАТО БЎЛАКЛАРИНИ УШЛАБ ҚОЛУВЧИ УЗУН ҚОЗИҚЧАЛИ БАРАБАННИ АМАЛИЙ ЎРГАНИШ

Пахта ғўзаси маълум агротехника асосида ўстирилади. Ғўза парваришланиш даврида ҳар-хил зараркундалар таъсирида бўлади. Бунинг натижасида унинг ҳосилдорлиги камаяди. Шунинг учун ғўзани зараркундалардан ҳимоялаш зарур.

Ҳимояланиш кимёвий ва биологик йўл билан олиб борилади. Кимёвий йўл билан ҳимояланиш экологик муҳитга кескин таъсир қилади. Шу сабабли охирги йилларда бу услубдан воз кечилиб биологик ҳимояланишга ўтиляпти. Биологик усулда табиатнинг ўзида мавжуд жонзотлардан фойдаланиб зараркундалардан ҳимояланади. Ғўзага таъсир этувчи зараркундаларни зарарсизлантирувчи жонзотлар личинкалари Республикамизда ташкил этилган биологик лабораторияларда етиштирилади ва ғўза парваришланишининг маълум пайтларида унинг шохчаларига матолар ёрдамида қўйилиб чиқилади. Личинкалардан ҳосил бўлган капалаклар зараркундаларни зарарсизлантиради. Ғўза шохларига қўйилган матолар терим пайтида пахтага қўшилиб кетади. Бу матоларнинг қўшилиб кетиши охирги йиллар ҳосилидан маълум бўлди. Тола сифатини аниқловчи “Сифат” маркази маълумотларига кўра Республикамиз толасини ишлатадиган корхоналардан тола таркибида мато бўлаклари борлиги тўғрисида шикоят хатлари кела бошлади. Мато бўлаклари таркиби ўрганилганда бу асосан терим пайтида қўшилган матолар эканлиги аниқланди. Сирдарё “Пахтасаноат” бирлашмасига қарашли Сайхунобод пахта тозалаш корхонасида қайта ишланаётган пахта ўрганилганда унинг таркибида 50 мм.дан 200 мм узунликдаги мато ва пленка бўлаклари борлиги аниқланди. Пахтани қайта ишлаш корхоналарида чигитлари плёнка тагига экилган далалардан қабул қилинган пахтада полиэтилен қўшимчалари борлиги кузатилди. Плёнкалар ҳам пахта қайта ишланиш даврида қийинчиликлар туғдиради.

Пахта таркибида мато бўлиши муаммоси ўтган асрнинг 50 – 60 йилларда ҳам мавжуд бўлган. У даврларда пахта далалардан қанор қопларда қайта ишлаш корхоналарига ташиб келтирилган. Қанорлар бўшатиладиганда унинг айрим иплари пахта таркибига қўшилиб кетган. Бу ипларни қайта ишлаш даврида жинлашга қадар ушлаб қолиш учун юқоридаги таҳлилда кўриб чиқилган узун қозикчали барабанлардан фойдаланилган. Бу барабанларнинг мато бўлакларини ушлаб қолиш хусусиятларини ўрганиш бўйича чуқур изланишлар олиб борилмаган. Улар тозалагичларнинг бошланғич қисмига қўйилган ва фақат мато бўлакларини ушлаб қолиш учун хизмат қилган. Уларнинг майда ифлосликларни тозалашга таъсири умуман ўрганилмаган. Пахта қайта ишлаш корхоналарига қанорсиз, прицеplarда ташиш бошлангандан кейин улар таркибидан ипларни ушлаб қолиш эҳтиёжи йўқолган ва узун қозикчали барабанлар кейинчалик ишлатилмаган.

Пахтани майда ифлосликлардан тозалаш, қайта ишлаш жараёнининг муҳим босқичларидан ҳисобланади. Майда ифлосликлар етарлича ажратиб олинмаса, жинлаш жараёнидан кейин улар тола таркибига ўтади ва толани паст синфларда баҳоланишига сабаб бўлади. Республикамизда ишлаб-чиқарилаётган толалар таркибидаги ифлос аралашмалар миқдори қараб 5 та синфга бўлинади. Толанинг, синфлар бўйича сотилиш нархи ҳар-хил. Агар бир синф юқори сифатли тола олинса, етарли равишда иқтисодий самарадорликка эришилади.

Майда ифлосликларни тозалаш титиш, барабанлар ва ғалвирли юза орқали пахтани ҳаракатлантириш ҳисобига бажарилади. Тозалаш самарадорлигига ғалвирли юза ҳолати, титиш барабани конструкцияси, унинг ҳаракатланиш тезлиги таъсир этади. Ғалвирли юза ҳолати мукамал равишда ўрганилган. Лекин титиш барабани конструкцияси кўп йиллардан буён ўзгармай келмоқда. Таҳлил натижалари ҳозирги кунда ишлатилаётган титиш барабанлари бир қанча конструктив камчиликларга эга эканлигини кўрсатди. Ҳаракатланиш тезлиги биринчи тозалагичларда 520 айл/мин бўлган, чигит механик шикастланиши юқори бўлганлиги учун бу тезлик ҳозирги тозалагичларда 420 айл/мин.гача камайтирилган. Тозалагичларда титиш барабанларининг сони пахта ифлослигига ва пахта навининг тозаланиш ҳолатига қараб белгиланади. Қийин тозаланадиган пахта навларида титиш барабанлари сони тасдиқланган регламентга кўра 32 донагача бўлади [1].

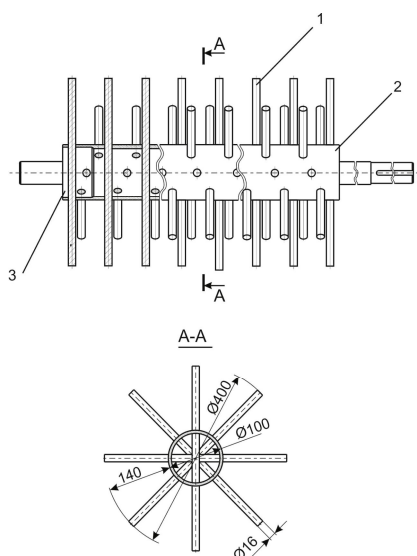
Парракли-қозикли барабанларни узоқ йиллар эксплуатацияси, уларнинг қопқоқли-қозикчали қисмлардан ташкил топиши ва улар йиғилиб умумий қобиқ ҳосил қилиниши, бу титиш барабанларининг асосий конструктив камчилиги эканлигини кўрсатди. Бу конструктив камчиликлар ишлаб-чиқариш харажатлари ошишига сабабчи бўлади.

Узун қозикчали барабаннинг мато бўлакларини ушлаб қолиш билан бирга, унинг майда ифлосликларни тозалаш самарасини аниқлаш ва унинг кўрсаткичларини оптималлаштириш учун амалий изланишлар олиб борилди.

Таклиф этилаётган қозикчали титиш барабани (расм) узоқ йиллар ишлатилган ип ушлагич титиш барабанларига [2] ўхшаш, лекин ундаги камчиликлар эътиборга олиниб, у қўйидаги қисмлардан иборат: труба 2 га икки тарафдан цапфа 3 пайвандланган ва трубага маълум қадамларда тешиklar очилиб, ундан қозикчалар 1 ўтказилиб икки тарафидан пайвандланиб титиш барабани ҳосил қилинган. Қозикчаларни икки тарафдан пайвандлаш, барабаннинг ишончли ишлашини таъминлайди. Бу конструкциядаги титиш барабанида технологик кўрсаткичлар: мато бўлакларини ушлаб қолиш коэффициенти, тозалаш самарадорлиги ва унинг ишончли ишлашини ўрганиш мақсадида тажриба ускунасига тўрт дона узунлиги 300 мм, диаметри 400 мм титиш барабани ўрнатилиб амалий изланишлар олиб борилди.

Таклиф этилаётган узун қозикчали барабаннинг мато бўлакларини ушлаб қолиш коэффициенти аниқлаш мақсадида, 50-200 мм мато бўлакларини тайёрланди ва 50 кг пахта хом-ашёсига аралаштирилди. Бу аралашма, тажриба ускунасига навбатма-навбат 1, 2, 3 ва 4 дона барабан қўйилиб тозаланди. Изланиш натижалари 1-жадвалда келтирилган. Ундан кўриниб турибдики, барабанлар сони 4 бўлганда энг юқори ушлаб қолиш коэффициенти эришилади.

Шаффоф тўсиқ орқали кузатишлар қозикчалар орқали пахта титкиланиб, кейинги барабанга узатилганда, унинг қозикчалари узунлиги ярмига етиб боришини ва трубага бориб урилмаслиги назарий изланишлар натижасини тасдиқлади. Бу эса чигит шикастланишини камайтиришига сабабчи бўлади.



Узун қозикчали барабаннинг лаборатория нусхаси

1-жадвал

Мато бўлакларини ушлаб қолиш коэффициентини тажрибавий аниқлаш натижалари

Кўрсаткич	Узун қозикчали барабанлар сони			
	1	2	3	4
Мато бўлакларини ушлаб қолиш коэффициенти, %	90.2	95.6	98.7	99.6

Қозикчали барабаннинг тозалаш самарадорлигига таъсирини аниқлаш учун 6, 9, 12 т/соат иш унумдорлигида амалий синовлар олиб борилди. Амалий синовда Наманган-77 пахта нави ишлатилди, унинг бошланғич сифат кўрсаткичлари: 2-синф, намлиги 8.9 %, ифлослиги 5.6 % (катта ифлослиги 2.4 %, майда ифлослиги 3.2 %), улюклиги 0.5 %, чигитнинг механик шикастланиши 1.3 %.

Ҳар бир ишлаб-чиқариш унумдорлигида, танлаб олинган пахта тажриба ускунасида 4 мартадан ўтказилиб тозаланган пахтадан нусхалар олиниб лаборатория таҳлиллари ўтказилди. Бу таҳлиллар натижасида: тозалаш такрорлигининг, ҳар-хил ишлаб-чиқариш унумдорлигида тозалаш кўрсаткичларига таъсири 2-жадвалда келтирилган.

Жадвал 2 дан кўриниб турибдики, пахтани тозалашда узун қозикчали барабанлар сони 4 тадан 16 тагача ошганда тозалаш самарадорлиги - ишлаб-чиқариш самарадорлиги 6 т/соатда 45.1 % дан 76.2 % гача, 9 т/соатда 40.3 % дан 70.9 % гача, 12 т/соатда 36.8 % дан 66.9 % гача ошади.

Ишлаб-чиқариш унумдорлигининг 6 т/соатдан 12 т/соатга ошиши билан тозалаш самарадорлиги 54.7 % дан 45.1 % га камайди.

Таклиф этилаётган титиш барабани ва мавжуд қозикли-парракли титиш барабани солиштирилганда ифлослик ва улюкни тозалаш самарадорлиги бир хил, яъни 6 т/соат ишлаб-чиқариш унумдорлигида 8 та титиш барабан бўлганда мос равишда 50.0 % ва 27.9 % бўлишлиги аниқланди.

Пахтани тозалашда чигитнинг механик шикастланиши узун қозикчали барабанлар сони 4 тадан 16 тагача ошганда ишлаб-чиқариш унумдорлиги 6 т/соат бўлганда 0.2 % дан 0.9 % гача, 9 т/соатда 0.3 % дан 0.7 % гача, 12 т/соатда 0.3 % дан 1.0 % гача ошиши кузатилди. Бу кўрсаткичлар мавжуд қозикли-парракли титиш барабанларида 1.2 – 1.3 баравар юқори эканлиги аниқланди.

УХК агрегатида узун қозикчали титиш барабанини эксплуатация қилиш унинг ишончли ва самарали ишлашини кўрсатди. Ишлаб-чиқариш корхонасида бир ҳафта иш даврида бир марта кўрик таъмирлашга тўхтатилганда қўйилган титиш барабанида ушлаб қолingan матолар ажратиб олиниб уларнинг оғирлиги ўлчанди. Уларнинг миқдори 200 – 300 г ташкил этди.

Тозалаш такрорлигини, ҳар-хил ишлаб-чиқариш унумдорлигида тозалаш кўрсаткичларига таъсири

Тозалаш кўрсаткичлари	Ишлаб-чиқариш унумдорлиги, т/соат		
	6	9	12
1.Узун қозикчали барабанлар сони 4та бўлганда тозалаш самарадорлиги, % ифлослик бўйича улюк бўйича механик шикастланиш ошиши, %	45.1 6.1 0.2	40.3 4.9 0.3	36.8 4.2 0.5
2.Узун қозикчали барабанлар сони 8та бўлганда тозалаш самарадорлиги, % ифлослик бўйича улюк бўйича механик шикастланиш ошиши, %	54.7 12.7 0.4	49.5 9.8 0.5	45.1 7.6 0.7
3.Узун қозикчали барабанлар сони 12та бўлганда тозалаш самарадорлиги, % ифлослик бўйича улюк бўйича механик шикастланиш ошиши, %	61.8 18.2 0.5	57.4 16.1 0.6	52.7 12.4 0.8
4.Узун қозикчали барабанлар сони 16та бўлганда тозалаш самарадорлиги, % ифлослик бўйича улюк бўйича механик шикастланиш ошиши, %	76.2 27.9 0.7	70.9 24.3 0.8	66.9 19.0 1.0

Изоҳ: кўрсаткичлар саноат титиш барабани узунлигига мос равишда ҳисобланиб аниқланган.

Хулоса қилиб айтиш мумкинки, таклиф этилаётган ва мавжуд қозикли-парракли титиш барабанларининг ифлослик ва улюк бўйича тозалаш самарадорлиги бир хил, чигитнинг механик шикастланиши ошиши қозикли-парракли титиш барабанларида юқори. Изланиш олиб борилган янги конструкциядаги узун қозикчали барабанга ихтиро сифатида патент олинди [3].

АДАБИЁТЛАР

- [1] Технологический регламент переработки хлопка-сырца ПДКИ 82-97. Ташкент: Мехнат, 1997.
- [2] Джаббаров Г.Д., и др. Первичная обработка хлопка. М.: Легкая индустрия, 1978.
- [3] Хакимов Ш.Ш. ва бошқалар. Пахта хом-ашёсини тозалаш ва титиш барабани. Патент №IAP 03913. 31.03.2009 й.

Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

14.07.2015 й.
қабул қилинган

Ш.Ш. Хакимов. Экспериментальные исследования пруткового барабана для улавливания посторонних мягких примесей из хлопка-сырца при его очистке

Разработана новая конструкция барабана с длинными колками – прутковый барабан, в котором устранены недостатки шпатоуловителя и который значительно надежнее серийного колково-планчатого барабана, применяемого для очистки хлопка-сырца от мелкого сора. Показано, что прутковые барабаны улавливают посторонние мягкие примеси и обеспечивают более эффективную очистку хлопка-сырца, чем серийные колково-планчатые барабаны.

Sh.Sh. Khakimov. Practical study of the hooking device designed to catch pieces of cotton cloth during the cleaning process

The new proposed long stakes shearing drums used for many years like the long staked drums, but taking into account its shortcomings, the two go hand- welded log and trumpet holes, Stakes planted on both sides of the welding Shearing drums. The stakes with two sides welding, ensure reliable operation of the drum. This research carried out in the construction Shearing drummer, has long stakes drummer is effective against the drum propel stakes.

ХРОНИКА

К 105-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ А.А. ИЛЬЮШИНА

С самого начала Второй мировой войны ученые работали на оборону, их новейшие достижения незамедлительно применялись для создания вооружений и боеприпасов (подробный материал на эту тему был опубликован в журнале «Наука и жизнь», №2, 1968 г.). Решение важнейшей в то время задачи – ликвидировать «снарядный голод» и обеспечить фронт артиллерийскими боеприпасами – взял на себя Институт механики АН бывшего Союза. Работу возглавил доктор физ.-мат. наук, проф. МГУ А.А. Ильюшин.

Разработанная им теория расчета на прочность корпусов осколочно-фугасных снарядов помогла в несколько раз увеличить их производство. При жизни Алексея Антоновича Ильюшина были опубликованы его воспоминания о его пути в науку и работу на оборону.

Алексей Антонович Ильюшин внес весомый вклад в становление и развитие механики в Узбекистане. Способствовал подготовке плеяды таких высококвалифицированных кадров – докторов и кандидатов наук в области механики, как В.К. Кабулов, Т.Р. Рашидов, Т. Буриев, Я.Н. Мубаракوف, К.Ш. Бабамуратов, А. Абдусаттаров, Г.Х. Хожметов, А.А. Ишанходжаев, Б. Курманбаев, А.А. Халжигитов и др.

Он был большим другом академиков Х.А. Рахматулина, М.Т. Уразбаева. Неоднократно приезжал в Ташкент и Самарканд для чтения лекций и проведения консультаций для механиков Узбекистана. Возглавлял Оргкомитет Международного съезда по теоретической и прикладной механике, проведенного в Ташкенте. Участвовал в различных мероприятиях, связанных с развитием сейсмодинамики сооружений.

Учитывая важность вклада ученого в науку, мы решили включить в данный номер журнала воспоминания А.А. Ильюшина, которые были опубликованы в сборнике VI школы – семинара «А.А. Ильюшин – выдающийся механик современности» (М., 2013), и воспоминания академика АН РУз Т. Буриева и д.т.н. Т. Юлдашева.

Академик АН РУз Т. Рашидов

А.А. ИЛЬЮШИН

ДИНАМИКА В МОЕЙ ЖИЗНИ

Жизнь университетского профессора со стороны кажется размеренной, неторопливой и очень далекой от тех событий, которые происходят рядом. На самом деле серьезный научный результат неразрывно связан с частной жизнью исследователя и зависит от той среды, в которой он существует. Об этом я и пытаюсь рассказать, вспоминая некоторые свои наиболее значительные работы о динамике сплошных сред и анализируя обстоятельства, их сопровождающие.

В декабре 1929 года я перевелся из Казанского университета в Московский на первый курс физико-математического факультета. Первые два года учебы были отданы напряженным теоретическим занятиям физикой и математикой, следующие два — изучению специальных дисциплин: аналитической динамики, аэродинамики, гидромеханики, теории упругости, гидравлики, сопротивления материалов, а также лабораторным занятиям и специальным курсам по теории крыла и винта, статике и динамике сооружений в прикладной механике. Была еще производственная практика, она дала мне звание техника. Так что, уже имея квалификацию станочника по дереву, приобретенную за год работы на производстве до поступления в Казанский университет, пришлось освоить слесарно-кузнечное дело.

Собственно научная и инженерная работа началась для меня весной 1932 года в Секции летных исследований Центрального аэрогидродинамического института (ЦАГИ) — главного центра авиационной науки страны, созданного в 1918 году Н.Е. Жуковским.

Здесь изучали тогда динамику одной из наиболее сложных фигур высшего пилотажа — «штопора», его выполнение нередко оканчивалось аварией. Для увеличения числа витков «штопора» в хвостовую и боковые части самолета У-2 перед полетом добавляли песок. Мне поручили расчетным путем точно определить изменения центровки и моментов инерции самолета. На решение этой задачи натолкнула статья Н.Е. Жуковского «Колебания маятника о двух степенях свободы». Результатом ее осмысления стал метод определения тензора инерции самолета, основанный на его качании и одновременном кручении на специальных подвесках. В испытаниях участвовали опытные бывалые летчики и даже руководитель темы Ю.А. Победоносцев — они качались в подвешенной машине во время ее подготовки к полету.

Вскоре меня перевели в отдел особых конструкций. Ими называли тогда автожиры и вертолеты. Я занимался расчетами лопастей несущего винта. Сравнивая данные своих таблиц с опытными, я обнаружил эффекты кориолисовых ускорений, которые очень меня заинтересовали.

В общетеоретическом отделе ЦАГИ под руководством академика С.А. Чаплыгина работали в то время В.В. Голубев, А.И. Некрасов, Л.Н. Сretenский, Н.Е. Кочин, М.А. Лаврентьев. Слушая незабываемые лекции по механике А.И. Некрасова и А.П. Минакова, я увлекся идеей построить невиданный до той поры аттракцион «Параболоид чудес». Его посетители могли бы в полной мере на себе ощутить воздействие криволинейного поля ускорений, особенно знаменитого «кориолиса». Местом для него выбрали Центральный парк культуры и отдыха имени М. Горького. Директор парка Бетти Глан доверила мне, молодому инженеру ЦАГИ, и моему школьному товарищу, технику-строителю А.Я.Эпштейну, проектирование и строительство параболоида.

Летом 1934 года новый аттракцион был построен. Параболоид чудес представлял собой деревянный шар диаметром 10 метров с горизонтально отрезанной верхней частью. Изнутри это был точный параболоид, по верхнему контуру присоединенный к крыше, сделанной в виде конуса. Согласно расчетам, каждый, кто находился внутри параболоида у его верхнего края, ощущал на ногах двойной «собственный вес», говоря языком космонавтов, испытывал коэффициент перегрузки, равный двум (двойное ускорение силы тяжести). Шар окружал кольцевой балкон. Была в нем входная дверь, через нее участники аттракциона (до 10 человек) входили внутрь шара, дверь закрывалась, и он начинал вращаться вокруг вертикальной оси. При скорости 18 оборотов в минуту начинались все «чудеса» криволинейного поля ускорений и относительности: нельзя было понять, где верх, где низ, брошенный мяч летел по спирали, при быстром изменении взгляда кружилась голова. Люди стояли в странных позах, кто на стенах, кто вниз головой на потолке.

Параболоид чудес был прототипом будущего тренажера для космонавтов. И все же неведомость в нем недостижима, поскольку коэффициент перегрузки может возрастать и убывать, но не ниже нормального, земного притяжения, равного единице. К сожалению, сильно динамически нагруженная деревянная конструкция параболоида постепенно теряла прочность, поэтому ему установили «срок жизни» всего 4 года. После этого аттракцион закрыли, а затем и разобрали.

В 1934 году после защиты диплома я поступил в аспирантуру МГУ и тогда же начал заведовать лабораторией сопротивления материалов, которую вскоре превратил в лабораторию сложных динамических процессов, и занялся созданием первого линейного механического ускорителя в виде пневматического скоростного копра. Этот ускоритель открыл для меня тематику будущих исследований в области больших скоростей и давлений. Одновременно я занялся поиском методов моделирования динамических процессов, включая и проблемы артиллерии.

Свой скоростной копёр мы смонтировали прямо в лаборатории, в бывшей парикмахерской МГУ на Моховой. Он представлял собой небольшой воздушный компрессор (давление 10 — 15 атмосфер) с электромотором, задвижкой с быстрым пусковым устройством и трубой диаметром около 20 сантиметров и длиной в 1 метр. Внутри трубы двигался полый снаряд, в него помещали испытываемые модели и измерители. Главным элементом была мощная, открыто заделанная в железобетонный фундамент высокопрочная и вязкая броневая плита площадью два квадратных метра и толщиной 30 сантиметров. Вместе с ассистентом С.М. Поповым и слесарем, токарем, фрезеровщиком в одном лице Б.М. Рябовым (это был настоящий универсал) мы имитировали на ускорителе падение на землю авиационных бомб и добивались реальных высоких давлений и напряжений, возникающих при их воздействии. Я больше теоретик, хотя всю жизнь занимался экспериментами. В теории пластичности меня как аэрогидродинамика привлекали в основном большие деформации и общая картина течений среды. В 1936 — 1938 годах я написал и защитил кандидатскую и

докторскую диссертации по вязко-пластическим течениям. В этих работах впервые в теорию пластичности были введены термодинамика, уравнения распространения тепла, решались и новые задачи. Свойства вязкопластических материалов экспериментально определялись гидравлическими методами, а свойства твердых тел – на нашем пневматическом скоростном копре.

РАБОТА НА ОБОРОНУ

Пришла война, и все беды обрушились сразу. Наши войска, отступая и оставляя в тылу у фашистов военные базы, технику и боеприпасы, оказались перед «снарядным голодом». Вся артиллерия — полевая, танковая, авиационная, морская — без снарядов становилась бессильной. Таково было положение под Москвой в ноябре — декабре 1941 года.

В это время Государственный комитет обороны принял решение срочно увеличить производство артиллерийских снарядов за счет упрощения технологии их изготовления при безусловном обеспечении безопасности выстрела. Это подписанное Сталиным, требующее неукоснительного исполнения распоряжение, по-видимому, было воспринято в Президиуме АН СССР как поручение металлургам-технологам. Во всяком случае, директор эвакуированного в Татарию Института механики АН СССР Б.Г. Галеркин узнал о нем уже в Казани, и ему казалось, что механики тут ничего сделать не могут.

Мой приезд в Казань в это время был следствием ряда случайностей. 16 октября 1941 г. вместе с группой других ученых я выехал из Москвы последним поездом в Ашхабад (ныне – Ашгабат). Понимая бессмысленность и бесцельность этого путешествия, я выдумывал разные способы возвращения, но движение поездов в сторону Москвы в то время было категорически запрещено. В Перми я «совершенно случайно» оставил поезд и попал на буксирный пароход. На нем путь мой лежал вниз по Каме, вверх по Волге, и вот — я в Казани. В Институте механики АН СССР при первой же встрече с Б.Г. Галеркиным я в деталях узнал содержание распоряжения Комитета обороны и вплотную занялся этой проблемой.

Уже в ноябре 1941 года я начал исследовать развитие деформационных подходов в теории пластичности. Буквально за два месяца удалось создать фундамент теории малых упругопластических деформаций и доказать, что простейшая деформационная теория пластичности физически достоверна для простых (пропорциональных) нагружений. Необходимо только, чтобы процессы нагружений могли существовать одновременно во всех точках внутри тела. При соблюдении этих условий получаемые расчетные результаты совпадают с опытными, и за правильность расчетов можно ручаться. Это было доказано рядом теорем. Главным же теоретическим итогом этих исследований стало создание так называемого «метода упругих решений конкретных задач».

Все эти общие теоремы и методы были созданы для того, чтобы разобраться в явлениях, происходящих в артиллерийском снаряде при движении по каналу ствола. Они помогли обосновать возможность нового подхода к изготовлению артснарядов и коренным образом изменить, упростить и удешевить их проектирование и расчет, а главное – производство и военную приемку. До конца войны мы с С.М. Поповым и сотрудниками кафедры теории упругости МГУ и Института механики АН СССР, где я также заведовал отделом прочности, провели большую научную работу по артиллерийским снарядам.

Чтобы получить представление о расходе артснарядов во время военных действий, достаточно сказать, что значительно больше половины всего производимого в стране черного металла идет не на корпуса танков, самолетов, кораблей и строительные конструкции, а именно на артснаряды.

К началу войны артиллерийский снаряд представлял собой стальной, довольно толстостенный цилиндр со скругленной головной частью и слегка конической донной. Между ними по окружности располагался ведущий поясок, придающий снаряду вращение вокруг оси при движении по наредам в канале ствола.

Передо мной встала проблема увеличить прочность снарядов при выстреле. Военная приемка на заводах проверяла тогда снаряды по наибольшей остаточной деформации корпуса. На полигонах снаряды отстреливали по мягким грунтам, собирали и индикаторами измеряли деформа-

цию поверхности рядом с ведущим пояском: если она была меньше 0.25 миллиметра по диаметру, то снаряд считался годным, если нет – отбраковывался. Когда это условие прочности не выполнялось, забраковывалась вся партия, и их было много.

Налицо было явное противоречие: прочность снаряда определялась по остаточной, то есть пластической деформации, возникающей в нем при прохождении ствола, а проектирование и расчеты на прочность велись во всем мире методами теории упругости. Иными словами, мои предшественники не учитывали совместных деформаций ствола и движущегося в нем снаряда.

Отсюда понятен поворот моих научных изысканий от теории пластического течения к созданию теории малых упругопластических деформаций, точнее, к физически достоверной теории пластичности. Новая теория давала в расчетах на прочность надежные числовые значения основных параметров изделий. В это время нашу и без того «обескровленную» артиллерию настигла еще одна беда: случались, хотя и нечасто, преждевременные взрывы снарядов в каналах стволов, уничтожающие пушки и обслуживающие их солдатские расчеты.

В результате исследований удалось определить, что такое несущая способность корпуса снаряда и критерий ее сохранения, найти теоретически допустимые и остаточные прогибы, рассчитать нормы военной приемки. Что касается причин преждевременных взрывов снарядов в канале ствола, то были установлены эффект «трещины» – взрыв вследствие образования кольцевой трещины на внутренней поверхности корпуса под пояском и эффект «спички» – воспламенение взрывчатки из-за трения при проталкивании ее силами инерции на очень высокой скорости от головной к донной части корпуса.

В 1942 году новые методы расчетов, проектирования, технологии производства снарядов и нормы их военной приемки не только были признаны, но и стали законом. Удалось от трудоемкого литья и сложных токарно-фрезерных работ перейти к элементарной штамповке снарядов, причем не из дорогостоящей стали, а из пластичного, так называемого сталистого чугуна. Только отмена термообработки давала экономию десятков тысяч тонн топлива. Была ликвидирована шлифовка, снизились нормы приемки. «Снарядный голод» резко пошел на убыль, вскоре появился даже избыток снарядов. Только тогда у военного командования появилась возможность организовывать крупномасштабные операции типа Сталинградского артиллерийского кольца.

ПОВОРОТЫ СУДЬБЫ

В 1947 году меня пригласили в только что организованный ракетный центр НИИ-88 в подмосковном Калининграде (теперь это ЦНИИМАШ, если можно так сказать, нечто вроде ракетного ЦАГИ) и вскоре назначили заместителем начальника института по науке. Заведующим конструкторским отделом НИИ-88 был тогда С.П. Королев, членами Совета – М.К. Тихонравов, Ю.Л. Победоносцев...

По примеру ЦАГИ в НИИ-88 началось создание теоретико-экспериментальных отделов динамики прочности и аэродинамики. Я пригласил туда на работу известных профессоров МГУ – Н.Д. Моисеева, Т.Н. Дубошина, Х.А. Рахматулина, В.М. Панферова, А.В. Кармишина, П.Е. Краснушкина и способную молодежь. Тогда же встал вопрос о том, как быть с аэродинамическими расчетами, точнее, с экспериментальным определением аэродинамических коэффициентов сил и моментов ракет, если нужные для этого сверхзвуковые аэродинамические трубы очень малого диаметра были в то время только в МГУ да ЦАГИ. Начали поиски теоретического решения этой проблемы газодинамическими методами.

В том же 1947 году я сформулировал и доказал закон плоских сечений в аэродинамике больших сверхзвуковых скоростей. Он позволял пространственную задачу представить как плоскую и решать ее более простыми и доступными методами. Специально собравшаяся для обсуждения закона комиссия сочла его неправдоподобным. Впрочем, один из членов комиссии – бывший тогда проректором МГУ известный во всем мире математик И.М. Виноградов молчал, да и другой – М.В. Келдыш не спешил с выводом. А Л.И. Седов был ярким противником нового закона и утверждал, что его вообще не может быть. Тем не менее, в НИИ-88 закон сразу стали использовать для определения сверхзвуковых аэродинамических коэффициентов, а вскоре он был принят и в ЦАГИ.

Создание научно-исследовательского института, особенно такого, как НИИ-88, – дело непростое и очень ответственное. Меня захлестывало множество организационных вопросов, но это была уже не моя профессия. Весной 1950 года я ушел из института и стал ректором Ленинградского университета, а через два года меня назначили заместителем Ю.Б. Харитона в Арзамас-16. Там не было суматохи и организационных хлопот, можно было спокойно заняться наукой. Мы с Н.Н. Боголюбовым и М.А. Лаврентьевым проводили теоретико-экспериментальные работы. После напряженного дня отдыхали: ходили в театр, в гости друг к другу. Боголюбов был великий знаток и мастер приготовления кофе. Лаврентьев подбирал коньяки, ну а я готовил всевозможные шашлыки. И.В. Курчатов – руководитель всех работ – в наших встречах не участвовал.

За время работы в Арзамасе-16 я вместе с другими руководителями работ по атомным производствам три раза встречался с Л.П. Берия. Помню, он всегда был непреклонен, если речь заходила об удлинении сроков работ: «Сделаете в срок – всем будут награды, не сделаете – тюрьма». Сроки выполнялись. Меня миновали и тюрьма, и награды (за небольшим исключением).

Когда решался вопрос о новом издании – самой мощной бомбе, – А.Д.Сахаров выступил за термоядерный вариант, я определенно и активно поддерживал его. Ю.Б. Харитон и его сторонники возражали, считая, что необходимой мощности взрыва можно достичь, если увеличить уже существующую атомную бомбу. Но это было неперспективно. Победил вариант Сахарова.

В 1954 году меня избрали директором Института механики АН СССР. (Шесть лет спустя он был переименован в Институт проблем механики – ИПМ АН СССР.) Я вновь занялся совершенствованием пневматического скоростного копра, разрабатывал теорию подобия и моделирования динамических процессов на линейных механических ускорителях. Результатом этой работы стала книга «Механика сплошной среды», выдержавшая с 1965 по 1990 год несколько изданий.

С помощью копра мы моделировали и имитировали подземные взрывы, по мощности эквивалентные около тысячи тоннам тротила на глубине 100 метров. Был построен ускоритель, дающий 100-кратную перегрузку. Он имел свободно падающий тяжелый ковш диаметром около 0.8 метра, глубиной 0.6 метра (в натуре – 80 и 60 метров). В ковш можно было, например, насыпать грунт, сделать в нем канал с водой и взорвать детонатор, по мощности в реальных условиях соответствующий тротиловому эквиваленту около 0.3 – 0.5 тонны. Скоростная съемка такого взрыва показывала естественное разбегание волн по берегам канала и сдвигу перекрывающего его блока (бетонного моста). Переброска горных пород взрывом имитировалась в ковше вполне достоверно. Этот ускоритель до сих пор используется в Институте горного дела Киргизии для изучения взрывов в ущельях или на склонах гор.

В 1950-е годы в Институте механики впервые были созданы вычислительный центр, новые стенды и лаборатории, в том числе газодинамическая с ударной трубой. Там работали известные ученые: Н.Г. Четаев, В.З. Власов, А.Л. Гольденвейзер, В.В. Соколовский, Б.Н. Юрьев, П.Я. Кочин, Ю.Н. Работнов. Издавался журнал «Прикладная математика и механика» АН СССР, был образован «Инженерный сборник», реорганизованный позже в журнал «Механика твердого тела». В институте работал Научный совет Академии наук СССР по проблемам прочности и пластичности, сыгравший тогда немалую роль в координации научных работ вузов и отраслевых организаций.

В это же время в МГУ возводились новые лаборатории Института механики МГУ. Я помогал строить стендовый зал с новыми силовозбудителями, динамическую лабораторию, лабораторию механики полимеров. Словом, в эти восемь лет я оказался сидящим на двух (если не больше) стульях и снова очень уставал, главным образом, от организационных дел. Подошли выборы на пост директора Института механики АН СССР на третий срок. Вероятно, они были согласованы, а точнее, predeterminedены в ЦК КПСС. Несмотря на то, что наметили мою кандидатуру, я категорически отказался быть директором. И не стал им, и был исключен из «номенклатуры», так как после этого мне уже не предлагали высоких постов.

В 1960-е годы я снова оказался на своей кафедре теории упругости МГУ. Начался этап оформления идей, создания теории упругопластических процессов, общей математической теории термовязкопластичности и термодинамики сплошных сред.

ВОСПОМИНАНИЯ О ВСТРЕЧАХ С А.А.ИЛЬЮШИНЫМ И В. В. МОСКВИТИНОМ

По велению судьбы с А. А. Ильюшиным я впервые встретился 28 мая 1967 г., в кабинете директора Института кибернетики с ВЦ академика АН Узбекистана В. К. Кабулова во время семинара, хотя его настольную монографию «Пластичность Ч.1» (1948г.), учебник «Сопротивление материалов» (1959 г., соавтор В. С. Ленский) и научные статьи начал изучать с 1959 г., на IV курсе физико-математического факультета САГУ (ныне – Национальный университет Узбекистана). В дипломной работе (защищена в 1961 г., на кафедре «Механика сплошных сред») решил задачу изгиба эллиптической плиты за пределом упругости, в кандидатской диссертации исследовал напряженно-деформированное состояние эллиптических плит с учетом повторно переменных упругопластических нагружений (1965), в МГУ был 4 – 6 сентября 1960 г. (проездом на производственную практику), 22 – 29 июня 1962 г. на I симпозиуме по распространению упругих и упругопластических волн, а с 28 января по 7 февраля 1965 г. на I конференции по вычислительной математике, 7 – 10 июля 1966 г. (проездом из Киева, школы-семинара по вычислительной математике). В начале семинара Васил Кабулович сделал краткий обзор по алгоритмизации в теории упругости и деформационной теории пластичности и выделил для доклада по 15 минут мне, В. А. Толоку, Ф. Бадалову. В начале моего доклада В. К. Кабулова срочно вызвали в Президиум. После окончания моего доклада А.А. Ильюшин задал ряд вопросов, так как мною были обоснованы и апробированы на ЭВМ следующие факты:

1. Представление уравнений состояния, уравнений движения и граничных условий в текущих компонентах напряжений и деформаций (усилий и моментов в оболочках) позволяет получить достоверный результат для произвольных $q_0^{(k)}$ (интенсивность внешних сил) при регулярных и нерегулярных полуволнах повторно-переменных нагружений-разгружений.

2. В процессе вычисления интегралов вариационным методом и коэффициентов алгебраических уравнений метода конечных разностей не нужно определять границы пластических зон из условия $\tilde{e}_u^{(k)}(x, y, z, t) = \alpha_k e_s$ для задач динамики и из условия $\tilde{e}_u^{(k)}(x, y, z) = \alpha_k e_s$ для задач статики, а достаточно вычислить $\tilde{e}_u^{(k)}$ – интенсивность деформаций и проверить условие $\tilde{e}_u^{(k)} > \alpha_k e_s$, при выполнении которого вычисляются ω (функция пластичности) и Ω_r (функции пластических жесткостей, $r=0, 1, 2$) в узлах кубатурных формул для вариационных методов и узлах сетки конечно-разностных методов и используются уравнения состояния, представленные в текущих компонентах тензоров напряжений и деформаций (усилий и моментов в оболочках), и уравнения движения для всей рассматриваемой области.

3. При $\delta \geq 1.3$ ($\delta = q_0 / q_0^{yn}$, q_0^{yn} – интенсивность предельно упругой нагрузки) сходимость метода упругих решений значительно ухудшается, поэтому разработана и апробирована на ЭВМ неявная схема решения систем нелинейных алгебраических (в задачах статики) уравнений. Неявная схема позволяет получать результат даже при $e_u \geq (12 \div 15)e_s$. Для решения систем обыкновенных дифференциальных (для задач динамики) уравнений разработан и апробирован на ЭВМ конечно-разностный метод произвольного порядка точности, который сокращает время счета более 10 раз по сравнению с известными и оперативную память ЭВМ – в 2 раза. За пределом упругости добавляется итерация на каждом шаге по времени.

4. Развитие пластических деформаций ухудшает сходимость численных методов.

5. В начале движения все численные методы сходятся очень медленно, эпюры прогиба, моментов и интенсивности деформаций имеют непривычный вид в рамках существующих представлений по динамике изгиба плит и оболочек при $n \geq 2$ (n – число разложений метода Рунге) для вариационных методов, а результаты вариационных ($n \geq 2$) и конечно-разностных ($N \geq 8$, N – число узлов сетки по одной переменной) методов совпадают с 1÷3 десятичными разрядами в зависимости от n и N после окончания времени начала движения.

В конце обсуждения Алексей Антонович предложил мне приехать в МГУ и обсудить полученные результаты на кафедре теории упругости и особенно с В.В. Москвитиным.

Научные труды В.В. Москвитина изучил в 1962 г. при решении задачи упругопластических колебаний эллиптических плит. Полученный на ЭВМ «Урал-1» результат упругих колебаний показал, что при $n \geq 2$ $e_u(x, y, t)$ при фиксированных (x, y) растет немонотонно: на промежутке первого полупериода e_u несколько раз (в зависимости от n) растет и убывает, т. е. $\dot{e}_u$ несколько раз обращается в нуль. Поэтому при $\delta > 1$ произвольная точка поверхности плиты несколько раз переходит от нагружения к разгрузке и наоборот. Здесь теорему о переменном нагружении В.В. Москвитина невозможно применять, так как локальные максимумы и минимумы e_u по времени нарастают в промежутке первого полупериода. Определение границ пластических зон и координат волны разгрузки стало первостепенным. Разработал алгоритм вычисления объемных интегралов, получаемых применением метода Рунге к расчёту тонких плит за пределом упругости, так как при изгибе средняя поверхность плиты находится в упругом состоянии (для случая линейного упрочнения в монографии «Пластичность» объёмный интеграл сведен к поверхностному). Границы пластических зон заранее неизвестны, поэтому определяются по ходу счета на каждом шаге итерации или этапа каждого шага по времени. С 1 декабря начала работать ЭВМ «М-20». Все программы перевел на «М-20» и вел серийный экспериментальный счет и перечисленные выше результаты получил в 1963 – 1964 гг.

С В.В. Москвитиным встретился 14 мая 1969 г. в квартире А.А. Ильюшина в Ташкенте (в январе – июне он читал лекции в Ташкентском университете и еженедельно проводил семинар в Институте кибернетики с Вычислительным Центром). В.В. Москвитин и другие члены Научного совета приехали для участия в заседаниях по прочности и пластичности Выездной сессии. Алексей Антонович познакомил меня с Виктором Васильевичем и попросил его обсудить полученные мною результаты по повторно-переменным упругопластическим нагружениям. До этого в феврале-апреле Алексей Антонович подробно ознакомился с моими результатами по переходным волновым процессам, по регулярным и нерегулярным полуволнам упруго-пластических нагружений-разгрузок, по ускорению сходимости метода упругих решений, по доказательству сходимости явных и неявных итерационных процессов и алгоритма с заданным модулем сходимости, по исследованию характера сходимости различных схем итерационных процессов в зависимости от уровня развития пластических деформаций. Каждое обсуждение продолжалось по 5 – 7 часов непрерывно, (каждый шаг вычислений или вывода формул он проверял досконально).

В.В. Москвитин проверил выведенные мною формулы по повторно-переменным нагружениям и убедился в том, что представление уравнений состояния и уравнений равновесия в текущих компонентах тензоров напряжений и деформаций (усилий и моментов в оболочках) с учетом всей предыстории нагружений позволяет получить результат также в случае, когда величина интенсивности внешней нагрузки в текущем номере полуволны переменных нагружений превышает величину интенсивности внешней нагрузки предыдущего полуволны. Об этом он сам сообщил А.А. Ильюшину. Перед отъездом Алексей Антонович просил В. К. Кабулова командировать меня в МГУ в октябре для обсуждения моих результатов на руководимом им семинаре, так как аналогичные результаты были получены для осесимметричных цилиндрических оболочек, блока прямоугольных плит при различных граничных условиях (последние три задачи решались в 1965 – 1966 годах).

В середине мая 1971 г. В.В. Москвитин приехал в Ташкент оппонентом по кандидатской диссертации У. Саидкаримова. Утром в день защиты он поехал в Ташкентское высшее командное училище. В КПП его не пустили. Он, позвонив начальнику училища, сказал: «Осенью 1941г. учился в этом училище, хочу посмотреть комнату, где жил до отправки на фронт». Спросили, найдёт ли он свою комнату. Он сказал: «По коридору слева вторая дверь». В.В. Москвитин зашел в коридор, измерил пять шагов от первой двери и сказал: «Раньше здесь была дверь, я в этой комнате жил три месяца». Потом выяснили, что вторую и третью комнаты объединили и убрали вторую дверь. Виктор Васильевич с благодарностью вспомнил доброту узбекских стариков и пожилых женщин в годы войны, которые угощали курсантов как своих сыновей фруктами, овощами, ..., кто чем мог. На следующий день он подробно ознакомился с моей докторской диссертацией, которая была посвящена разработке эффективных численных методов и алгоритмов реализации на ЭВМ расчета тонких плит и оболочек за пределом упругости, исследованию появления и развития пластических деформаций, а также влияния вторичных пластических деформаций и упрочнения –

разупрочнения на перераспределение напряженно-деформированного состояния при регулярных и нерегулярных повторно-переменных нагружениях, установлению характера сходимости численных методов в зависимости от уровня развития пластических деформаций и количества полуциклов при повторно-переменных упругопластических нагружениях, ускорению сходимости разработанных и известных численных методов в процессе решения задач пластичности и геометрически нелинейных задач оболочек. В конце он добавил: «Считаю диссертацию завершённой, согласен быть оппонентом, приезжайте в МГУ для апробации на семинаре А.А. Ильюшина».

Утром 26 января 1972 г. прибыл в Москву и прямо с Казанского вокзала – к А.А. Ильюшину домой, так как его нога была в гипсе. В течение дня обсудили диссертацию и вечером он просил показать диссертацию профессору Д.Л. Быкову. Мой доклад назначил на 15 марта. Ночным поездом уехал в Ленинград для участия на IV конференции по применению ЭВМ в строительной механике. В каждую среду 17⁰⁰ начинается семинар А.А. Ильюшина. В 11⁰⁰ 15 марта я встретился на кафедре с Алексеем Антоновичем и просил его разрешение снять 3 плаката из материалов доклада, связанные с ускорением итерационных процессов решения систем нелинейных алгебраических уравнений. В ответ он сказал: «Ни в коем случае нельзя снять эти плакаты. Если Вы сегодня будете умалчивать о преимуществе своего метода снятием этих трех плакатов и соглашусь с Вашим предложением, то я стану тормозом развитию не только теории пластичности, но и всей науке по механике. Этого нельзя допустить! В свое время я предложил метод упругих решений, а Вы показали все возможности этого метода и разработали новый метод, который всегда сходится и сходится намного быстрее. Пусть все члены семинара и присутствующие станут свидетелем полученных Вами важных результатов, которые в течение трех десятилетий никто не смог получить. Чем скорее это станет известным всем, тем лучше мне. Тем более при моем присутствии!».

В 17⁰⁰ начался семинар. Доклад закончил за 40 минут. Вопросы и ответы продолжались до 20⁰⁰. На обсуждении выступили профессора В.С. Ленский, В.В. Москвитин, В.А. Ломакин, Л.А. Толоконников. Итоговое выступление сделал Алексей Антонович и в конце сказал: «Предлагаю от имени данного семинара представить к защите на Ученом совете механико-математического факультета по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела. Ведущим предприятием будет ЦНИИМаш, от кафедры согласен быть оппонентом В.В. Москвитин, двух других оппонентов нетрудно найти из Москвы. К концу мая или к началу июня можно провести защиту».

В апреле 1984 г. я выступил докладом на семинаре А.А. Ильюшина, где рассматривались равновесие и движение параллелепипеда в трехмерной постановке при локальных воздействиях, накопление повреждений при повторно-переменных упругопластических нагружениях на основе кинетического уравнения В.В. Москвитина, сжимаемость за пределом упругости на основе двухинвариантной теории пластичности. Во время отдельной беседы Алексей Антонович предложил мне рассмотреть взаимодействие пространственных сооружений с окружающей средой в трехмерной постановке. В ответ я объяснил, что это проблема Института механики и сейсмостойкости сооружений, мне не удобно. Тогда он сказал: «Сотрудники этого института не смогут повторить то, что сделано Вами сейчас. Они не способны обогнать Вас в вычислительных делах, а Вы находитесь на подходе к решению проблемы до конца».

В марте 1987 г. А.А. Ильюшин в составе Комиссии большой Академии приехал в Ташкент. В это время Межведомственная комиссия Госстроя закончила приемочные испытания, разработанных мною пространственных разреженных решетчатых конструкций марки СП-30-350АС (расчетная нагрузка – 350 кг/м², размер каркаса – 30×30 м, сетка колонн – 18×18 м, площади покрытия – 900 м², 1089 м², 1296 м²), проектированных для сейсмических и несейсмических регионов с учетом монтажных нагрузок, климатических (IV снеговой и ветровой районы) и технологических (подвесные краны до двух тонн, зенитные фонари) ограничений. В присутствии А.А. Ильюшина еще раз запустили вибромашину, которая по величине ускорений имитирует 9-балльное землетрясение и по вертикали, и по горизонтали. В конце сеанса испытаний Алексей Антонович сказал: «Удивляюсь, как эта конструкция выдержала 20-сантиметровые горизонтальные смещения!». Я объяснил, что оптимизация по критерию равнопрочности при соблюдении условий минимального веса и устойчивости сжатых стержней с учетом их гибкости проведена на основе неявной схемы итерационных процессов решения больших систем нелинейных алгебраических уравнений метода перемещений и представил ему таблицу по расходу стали для различных вариантов проектов. В серийно выпускаемых конструкциях марки СП-30-400С с 816 стержнями расход

стали составляет 15.8 кг/м^2 , а в данной конструкции с 700 стержнями и проемом в центре (с нижним основанием 81 м^2 и верхним 72 м^2) – 8.6 кг/м^2 в случае площади покрытия 1296 м^2 , сейсмические силы уменьшены более 2 раз. Тогда он сказал: «Академик Мельников за пять лет планирует снизить металлоемкость в «ЦНИИ Проектсталь-конструкции» на 4%, а Вы в Ташкенте снизили металлоемкость выпускаемых в год более 1 млн м^2 покрытий на 84%, обеспечив устойчивость и равнопрочность, причем все это сделано бесплатно в инициативных началах». На следующий день при встрече с В.К. Кабуловым А.А. Ильюшин сказал: «Работа Т. Буриева по разреженным стрелевым конструкциям окупает все расходы Института кибернетики с ВЦ на все годы его существования». В марте 1988 г. я показал А.А. Ильюшину акты внедрения по форме Р10 ЦСУ, выданные Киреевским, Выксунским и Ташкентским заводами. За 9 месяцев 1987 г. было выпущено 1.4 млн м^2 покрытий, конструкция была удостоена дипломом Международной выставки «Стройиндустрия-87». Он был очень рад и рассказал историю крушения купола «Истра». В декабре 1988 г. десятки модулей разреженных конструкций перенесли в г. Спитаке, в эпицентре Армянского землетрясения, без каких-либо трещин. Об этом я сообщил ему в июне 1989 г. в Москве. Тогда он рассказал о своих работах в октябре – декабре 1941 г.

19 января 1991 г. В.К. Кабулов, Т. Рашидов, я, Г. Хожметов, К. Бабамуротов приехали в Москву и 20 января Алексея Антоновича поздравили дома с 80-летием со дня рождения. 21 января участвовали на чествовании в МГУ. 17 – 29 июня 1992 г. я был в Москве, встретился с А.А. Ильюшиным в МГУ и показал фотографии 4 вариантов 4-рядных пневмоподборщиков хлопка с производительностью 1.0-1.33 га/ч. Разработка, изготовление и полевые испытания выполнялись в выходные и дни трудового отпуска, а все расходы за материалы и сварочные работы были понесены наличными за мой счет. Тогда он сказал: «Это может делать только увлеченный своими идеями научный сотрудник, такие люди за свой счет делают науку».

В ноябре 1994 г. А.А. Ильюшин был приглашен в Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз для проведения консультаций. После краткого обсуждения программы его пребывания в Ташкенте Алексей Антонович спросил у меня о состоянии внедрения пневмоподборщиков. Я объяснил, что 20 комплектов остановлено на уровне 80 процентов сборки по вине руководства ПО «Ташсельмаш», но занимаюсь проведением государственных испытаний. В отдельной беседе он еще раз повторил высказанные им в апреле 1984 г. слова о динамике пространственных сооружений в грунте. Я обещал заниматься этой проблемой после проведения государственных испытаний пневмоподборщиков. Это была его последняя поездка в Ташкент. Упомянутой проблемой занялся с 1997 г., но не успел показать ему результаты.

Т. ЮДАШЕВ

А.А. ИЛЬЮШИН УВАЖАЛ НАУКУ С ПРИЛОЖЕНИЕМ В ПРАКТИЧЕСКУЮ ЖИЗНЬ

В начале своей научной деятельности Алексей Антонович далеко обошел своих коллег – механиков: затем они (разными путями и по разным причинам) быстро обошли его – но не в науке, а в званиях (членство в АН СССР) и наградах (звезды Героев). Но, как сказано, «коему ждо по делам его»: время все расставит по своим местам, и мы, ученики и соратники Алексея Антоновича, уверены, что звезда А.А. Ильюшина еще долго будет сиять на небосводе Науки и Образования [1].

Талант исследователя, способного глубоко проникать в существо изучаемых проблем, искусство, по словам акад. Л.С. Лейбензона, «... облекать явления природы в математические символы» проявились у Алексея Антоновича сразу по окончании механико-математического факультета МГУ (1934). В 1935 г. на всесоюзной конференции по пластичности он выступил с докладом «К вопросу о вязкопластическом течении материала», в 1937 г. защитил кандидатскую диссертацию, а в октябре 1938 г. – докторскую по физико-математическим наукам. С 1938 г. он – профессор, а с 1942 г. до последних дней своей жизни – заведующий кафедрой теории упругости МГУ. В 1943 г. А.А. Ильюшин избран членом-корреспондентом Академии наук СССР (ныне – РАН), в 1947 г. – действительным членом Академии артиллерийских наук МВС СССР (ныне – РА РАН) [2].

В одной из встреч Алексей Антонович рассказал мне о созданной им теории упругопластических деформаций: она была разработана для описания процессов, происходящих в оболочке артиллерийского снаряда при выстреле. Работы проводились в связи с постановлением ГКО СССР об увеличении выпуска снарядов по упрощенной технологии. А.А. Ильюшин с коллективом кафедры теории упругости разработал новые нормы расчета и изготовления снаряда (из дешевых марок стали без последующей термообработки).

В другой раз мы обсуждали вопросы современной сверхзвуковой авиации и космической техники. Речь зашла о законе плоских сечений в сверхзвуковой аэродинамике – этот закон Алексей Антонович открыл в 1947 г. Одно из следствий закона – метод аффинной модели – позволил решить важнейшую в то время экспериментальную проблему: на аэродинамических трубах с $M \leq 3$ моделировать полеты с $M \geq 6$ (M – число Маха).

На одной из последних встреч Алексей Антонович вспоминал о работе по выяснению причин аварий на теплообменниках атомных электростанций: некоторые из них выходили из строя после нескольких лет работы, в то время как по расчетам срок их эксплуатации составлял 30 лет. Коллектив специалистов под руководством А.А. Ильюшина менее чем за полгода разрешил проблему: были рекомендованы конструктивные и технологические изменения в процесс изготовления теплообменников – и аварии на них прекратились [3].

Современные теории пластичности основывались на представлениях, идущих от классической теории упругости, материал при деформировании рассматривался как изотропный. Тем самым утверждалось, что знаний упрочнения при растяжении (сжатии) образца за пределом упругости достаточно для описания поведения материала при различных пластических деформациях. Видимо, первый, кто обратил внимание на это допущение, был А.А. Ильюшин [4, 5] который ввел чрезвычайно важное понятие о «простом» нагружении, при котором в процессе деформации сохраняются направления главных осей тензоров напряжений и деформаций. В 1950-е годы появились работы, в которых приведены результаты исследований при изменении направления главных осей. При этом важный вклад в экспериментальные исследования был внесен А.А. Ильюшиным и его учениками на основе применения новых машин по сложному нагружению, сконструированных в этой школе.

На основании этих и многих последующих экспериментов выяснилось, что теории течений как в классической, так и в измененной форме не дают правильного описания пластической деформации при произвольном сложном нагружении. А.А. Ильюшин ввел точные определения процессов деформации или нагружения, определяющих отличие от простого нагружения и обобщающих представления о путях нагружения [6].

В 1966 г. в Ташкенте произошло сильное землетрясение, которое поставило перед исследователями, учеными и строителями ряд актуальных задач. По изучению последствий этого землетрясения был собран материал о повреждении и разрушении подземных трубопроводов, и главным вопросом стало взаимодействие твердых тел с окружающим грунтом. А.А. Ильюшин предложил рассмотреть подземные сооружения как пространственную равно-стержневую систему, отвечающую от сложного узла и движущуюся в сопротивляющейся среде – грунте. Уже в 1971 г. по советам А.А. Ильюшина Т. Рашидов сформулировал сейсмодинамическую теорию сложных систем подземных сооружений. Была обнаружена возможность появления «до- и сверхзвуковых движений» при распространении сейсмической волны вдоль оси подземного трубопровода, аналогично до- и сверхзвуковым движениям летательных аппаратов. Эти идеи дали возможность использовать арсенал исследований летательных аппаратов для решения сейсмодинамических задач по сложным подземным сооружениям, особенно готовых средств расчета (1970 – 1980). Экспериментальные исследования этой теории были осуществлены Г.Х. Хожметовым, причем все установки, в том числе центробежная, и методики проведения экспериментов выполнены при консультациях и с участием А.А. Ильюшина. Результаты этих исследований обобщены и опубликованы в монографии [7], ответственным редактором которой был А.А. Ильюшин. В настоящее время в Узбекистане получают широкое развитие проблемы сейсмодинамики сооружений [8].

В 1971 г. я участвовал с докладом в работе III Всесоюзной конференции по статике и динамике пространственных конструкций в городе Киеве на тему: «Применение ЭВМ к решению задач конических оболочек». В Институте механики АН РУ и встретился с будущим оппонентом д.т.н. И.А. Цурпалом. Он ознакомился с первым вариантом моей диссертации по теме: «Алгорит-

мизация решения задач конических оболочек». Я остался в его кабинете, а он взял диссертацию и зашел в соседний кабинет, где пробыл очень долго. Вдруг из этого кабинета вышел мужчина, у которого я спросил, там ли И.А. Цурпал? В ответ я услышал, «И.А. Цурпал с Гузом обсуждают вашу диссертацию». Наконец из кабинета вышел Иван Андреевич Цурпал и сказал мне, что может быть оппонентом по моей диссертации. Я попросил его дать мне письменное согласие по требованию руководства Института кибернетики с ВЦ АН РУЗ. И.А. Цурпал дал мне письменное согласие, что будет выступать оппонентом по диссертации. Я также поинтересовался у И.А. Цурпала, к кому в качестве ведущей организации мне можно обратиться. Он ответил: «По моему мнению, если будет возможность, найдите ведущую организацию из центра города Москвы». Эта беседа состоялась в октябре 1971 г. Я приехал в Москву и позвонил по домашнему телефону А.А. Ильюшину. Это было то ли во вторник, то ли в среду – точно я не помню. А.А. Ильюшин в телефонном разговоре дал следующий ответ: «В пятницу в 5 часов вечера состоится семинар в МГУ, вы можете туда приехать». Я дождался этого дня и поехал в МГУ на семинар на механико-математическом факультете МГУ. На семинаре заслушивалась докторская диссертация на потяжении около 40 – 50 минут. Затем началось обсуждение. Было много вопросов, выступали рецензенты и другие ученые. Меня поразило заключение семинара: из всей диссертации нужный материал тянет на две статьи, а остальное содержание диссертации не имеет новых результатов. На семинаре был и А.А. Ильюшин. После окончания семинара А.А. Ильюшин пошел на кафедру теории упругости. Я же не решался зайти к нему. Ведь на семинаре не прошла докторская диссертация, а я с какой-то кандидатской диссертацией! Но все-таки я осмелился войти в его кабинет, поздоровался, он ментально меня узнал и после приветствия спросил о цели моего приезда в Москву. Я ему представил свою кандидатскую диссертацию. Он внимательно перелистал диссертацию, обратив внимание на список литературы. Затем сказал: «В этой области работают школы Украины, почему туда не поехали?» Я ответил, что из Киева получил согласие оппонента на диссертацию. Потом он спросил: «Почему диссертация оформлена на технические науки? Если бы она была оформлена на физико-математические науки, наша кафедра смогла бы быть ведущей организацией». Я ответил, что это решение руководства нашей организации. После этого разговора А.А. Ильюшин обратился к сидящей секретарше: «Где работает Цурков Вы не знаете?». Она ответила, что тот работает заведующим кафедрой сопротивления материалов МИСИ. Тогда А.А. Ильюшин сказал мне, что я могу подойти к нему. Я нерешительно сказал Алексею Антоновичу следующее: «Может быть, Вы мне дадите записку от себя на его имя?»

А.А. Ильюшин взял клочок бумаги, написал на нем записку и отдал мне. Я, сказав «Спасибо», попрощался с ним и вышел из его кабинета. Потом прочитал записку. В ней было следующее: «Я направляю к Вам ученика В.К. Кабулова с диссертацией, по-моему полученные результаты верны. Может быть, выступите как ведущая организация?» и его подпись.

На следующий день с утра я приехал в МИСИ и нашел кафедру «Сопротивление материалов». Дверь была еще закрыта. Около 8 часов утра пришел мужчина высокого роста, поздоровался и спросил, кто я? Я ответил, что жду Цуркова. Оказывается, это и был Цурков. Я ему показал записку А.А. Ильюшина. Прочитав записку, он спросил, с собой ли у меня диссертация? Я ответил, что есть предварительный вариант диссертации. Тогда он заметил: «Оформите диссертацию, как следует, отправьте на наш адрес и мы подготовим отзывы, как положено. В ответ я заметил, что наше руководство требует письменного согласия от будущих оппонентов и ведущих организаций. «Можете ли мне дать Ваше письменное согласие?» Цурков дал мне письменное согласие.

25 апреля 1972 г. состоялась моя защита кандидатской диссертации на тему: «Алгоритмизация решения задач конических оболочек» по Специальности 01.02.04 – Механика деформируемого тела. Утверждение я получил в июне 1972 г.

Вот так лаконичная записка А.А. Ильюшина помогла мне в моей научной деятельности. В дальнейшем я работал с молодыми учеными по следующим направлениям тематики:

- Исследование упругопластических состояний стержней при пространственно-переменных нагрузках.
- Алгоритмическая система обработки символьной информации в механике твердого тела.
- Сейсмодинамика подземных трубопроводов при пространственном нагружении с учетом вязкоупругого и нелинейного взаимодействия с грунтом.

- Математические модели и алгоритмы деформации конструкции с учетом физической и геометрической нелинейности.
- Проблемы математического моделирования распространения сейсмических волн при подземных взрывах и землетрясениях, методы их решения. Докторская диссертация защищена мною в 2009 г.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кийко И. А. Уважаемый читатель! А.А. Ильюшин – выдающийся механик современности. Труды VI школы – семинара 9 – 10 апреля 2013г. М., 2013. С. 5.
- [2] К 100-летию со дня рождения Алексея Антоновича Ильюшина // Упругость и не упругость. М.: МГУ, 2011. С. 9–12.
- [3] Садовничий В. А. Вступительное слово // Упругость и не упругость. М., 2006. С. 8 – 9.
- [4] Ильюшин А. А. Пластичность, основы общей математической теории. М.;Л.: ГИТТЛ, 1948. – 376 с.
- [5] Ильюшин А. А. Механика сплошной среды. М.: МГУ, 1990.
- [6] Шемякин Е. И. О сложном нагружении. Упругость и не упругость. М., 2006. С. 86 – 92.
- [7] Рашидов Т. Р. Динамическая теория сложных систем подземных сооружений. Ташкент: Фан, 1973. – 179 с.
- [8] Рашидов Т. Идеи А.А. Ильюшина в формировании и развитии направлений сейсмодинамики подземных трубопроводов (итоги и новые результаты). М., 2015.

С.Х. НЕГМАТУЛЛАЕВ, Р.У. ДЖУРАЕВ, Т.Р. УЛУБИЕВА

ПРОЯВЛЕНИЕ СИЛЬНЫХ И ОЩУТИМЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАНА В 2015 ГОДУ

На территории Таджикистана в 2015 г. продолжались непрерывные сейсмологические наблюдения по регистрации землетрясений Таджикистана и сопредельных государств в широком диапазоне энергетических классов цифровыми широкополосными сейсмическими станциями со спутниковой связью в реальном режиме времени.

На территории Таджикистана за текущий год зарегистрировано 18 ощутимых землетрясений.

Наиболее значительными событиями года явились 2 землетрясения 26 октября в 09 ч 09 м с $K=17.0$ ($M=7.2$) и 7 декабря в 07 ч 50 мин с $K=16.9$ ($M=7.2$) (рис. 1). Первое произошло на глубине 230 км в Памиро-Гиндукушской зоне на территории Северного Афганистана в районе хребта Гиндукуш. Оно было разрушительным (за счет направленности излучения) в провинциях Афганистана и Пакистана и ощущалось на территории Таджикистана, Узбекистана, Кыргызстана, Казахстана, Индии, Китая и др. На всей территории Таджикистана ощутимость составила от 3 – 4 до 6 баллов. Это землетрясение интересно тем, что представлено двойным толчком с разницей вступления волны Р до 10 с, в силу чего первый толчок был выявлен как отдельное событие с $K=14.0$ ($M=5.6$). Несмотря на то, что обычно глубокие землетрясения реализуются одиночными толчками, это землетрясение имеет форшоки и множество афтершоков. При детальном анализе выявлено три ближайших форшока непосредственно вблизи главного толчка. Первые два произошли 9 и 13 октября на глубине 210 км с $K=12.5$ и $K=12.1$ ($M=4.7$ и $M=4.5$). Третий же толчок произошел 26 октября за 10 с до главного толчка. Землетрясение 26 октября весьма интересно тем, что оно сопровождалось значительной серией афтершоков с $K \geq 9$ – 13 (более 1000), – наблюдается только для сильных глубоких землетрясений. В течение 5 суток здесь локализовано 806 толчков с $K \geq 9$.

Известны практически в этом же месте на тех же глубинах пять землетрясений: 14 марта 1965 г. с $M=7.5$; 30 июля 1974 г. с $K=16.4$ ($M=7.3$); 30 декабря 1983 г. с $K=16.6$ ($M=7.1$); 9 августа 1993 г. с $K=15.6$ ($M=6.3$) и 3 марта 2002 г. с $K=16.4$ ($M=7.0$), которые сопровождались повторными толчками.

Для коровых землетрясений наиболее сильным оказалось землетрясение 7 декабря в 07 ч 50 мин с $K=16.9$ ($M=7.2$). По данным геофизической службы Академии наук Таджикистана, его эпицентр находился в зоне пересечения Бартанг-Пшартского и Каракульско-Сарезского разломов, в устьевой части Ирхтского залива Сарезского озера ($38^{\circ}08' - 72^{\circ}31,5'$) (рис. 1). По данным геологической службы США, эпицентр этого подземного толчка определен севернее озера Сарез в

Южных отрогах Музкольского хребта. Очаг данного подземного толчка находился на глубине 30 – 40 км.

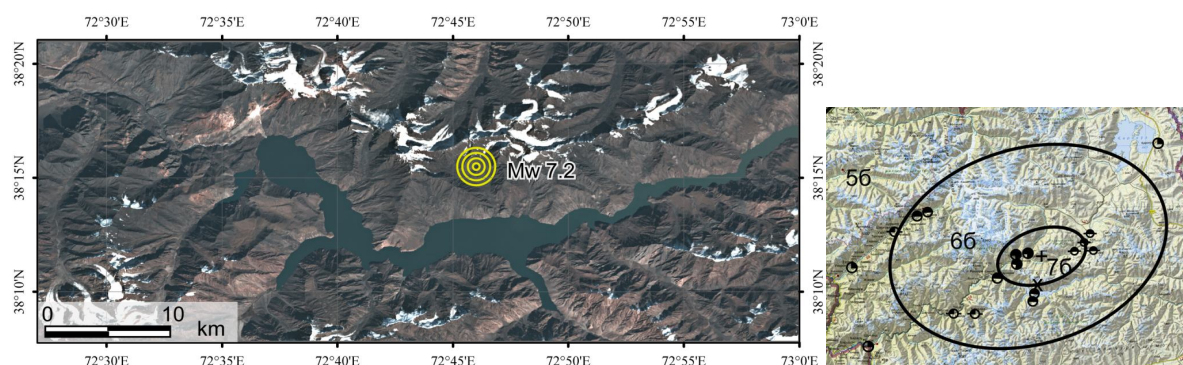


Рис. 1. Снимок окрестности эпицентра

Следует отметить, что эпицентр известного 9-балльного Сарезского землетрясения 1911 г. был приурочен также к Каракульско-Сарезскому разлому.

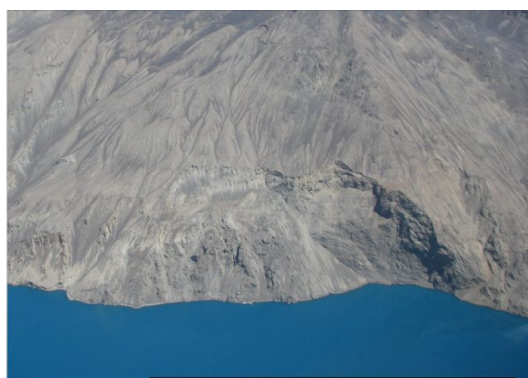
При землетрясении 7 декабря 2015 г. были наиболее сильно повреждены и разрушены те же селения, что и при землетрясении 1911 г., расположенные в верховьях долины реки Бартанг (Кудара, Пасор, Бопасор, Рухч, Акташ, Ташкол, Курган, Босбайтал). В этих селениях интенсивность подземных толчков достигала от 6 – 7 до 7 баллов. По предварительным данным на территории Горного Бадахшана разрушены около 237 жилых домов и 588 – частично. Пострадало большое количество социальных объектов, преимущественно в Рушанском районе. Во время землетрясения 2 человека погибли и ещё 14 получили травмы различной степени тяжести.

На озере Сарез сила подземных колебаний достигала 6 (6 – 7) баллов. В новом одноэтажном капитальном здании гостиницы КЧС, построенном из камня, в стенах образовались трещины. Во время землетрясения в озере поднялась волна высотой 0.9 – 1.0 м.

В южном направлении в районе селений Аличур и Джилонды интенсивность сотрясений уменьшилась до 5 – 6 баллов, а в северном направлении в верховьях долины реки Ванч интенсивность сотрясений достигала 6 баллов, в г. Хороге – 5 баллов.

По макросейсмическим данным, эпицентр землетрясения расположен между Сарезским озером и селением Кудара в пределах Музкольского хребта.

Аэровизуальное обследование Усойской плотины и Сарезского озера проводилось 13 декабря 2015г. с использованием вертолета. Осматривалась сама Усойская плотина и берега Сарезского озера до левого притока Ватасаиф (рис. 2).



Снимок сделан 6 августа 2011г.



Снимок сделан 13 декабря 2015г.

Рис. 2. Правобережный склон Сарезского озера в 4 км выше Усойской плотины (нижняя часть)

По результатам наблюдений можно утверждать, что существенных смещений на склонах вокруг Сарезского озера не произошло. В основном произошли мелкие обрушения рыхлых отложений и небольшие камнепады с крутых склонов.

Вдоль берегов озера Сарез наблюдаются многочисленные мелкие обрушения раздробленного материала на крутых склонах, но крупных обрушений замечено не было.

Особое внимание было уделено неустойчивому участку правобережного склона в 4 км выше плотины Усой, особенно в нижней его части. Существенных обрушений замечено не было, хотя практически вся нижняя часть покрыта пылью. Сравнение снимков, сделанных в 2011 г. и 13.12.2015г. не показывает существенных обрушений склона в этой части. Нет существенных смещений и в верхней части этого склона.

В каньоне также не замечено существенных смещений с его бортов. Отмечаются лишь мелкие осыпания с крутых бортов рыхло-обломочного материала, особенно в нижней его части.

Дебиты родников не изменились, уровень воды в реке Бартанг соответствует уровню зимнего периода. Фильтрация воды из озера стабильная.

На стенке срыва Усойского оползня не наблюдается каких-либо серьезных смещений, но отмечаются многочисленные осыпания рыхлого материала со стенки срыва.

За период с 7 по 14 декабря 2015 г. в районе озера Сарез зарегистрировано 22 ощутимых землетрясения с магнитудой $5.4 \leq M_w \leq 4$. Сейсмический потенциал Памира в конце года резко повысился.

ТЕХНИКА ФАНЛАРИ ДОКТОРИ, ПРОФЕССОР ИРКИН КАСИМОВ 80 ЁШДА

Ўзбекистонда хизмат кўрсатган фан арбоби, Техника фанлари доктори, Профессор, Халқаро инженерлар академияси мухбир аъзоси (Москва ш.), Касимов Иркин (Қосимов Эркин Умарали ўғли) 58 йил давомида ҳар хил лавозимларда муваффақиятли ишлаб келмоқда. Шундан 55 йил Олий Таълим йўналишида меҳнат қилмоқда. Касимов Иркин юртимизнинг энг таниқли ва обрўли олимларидан биридир. Унинг 34 тадан зиёд илмий йўналишдаги монографиялари, бир неча дарслик ва ўқув қўлланмалари, 575 та илмий мақолалари нашрдан чиққан.

Проф. Э.Қосимов Республикада илк бор Архитектура ва қурилиш ашёлари йўналишида дарслик, ўқув қўлланма ва ўқув дастурлари нашрдан чиқди.

У 1965 йили Москва инженер қурилиш институтида (МИСИ) номзодлик диссертациясини, кейин 1981 йили шу институтда “Теоретические основы пропитки бетонов термопластичными веществами” мавзусидаги докторлик диссертациясини ҳимоя қилган.

Касимов (Иркин) Эркин Умаралиевич талабалик даврида Тошкент шаҳридаги 95 – мактаб ўқитувчиси, Ўзбекистон Республикаси “Сув хўжалиги” вазирлигида инженер, ТашИИТ кейин МИСИ аспиранти, Тошкент политехника институтида факультет декани, “Қурилиш материаллари” кафедраси мудири, Олий ва Ўрта махсус таълим Вазирлиги Олий таълим муассасалари Бош Бошқармаси бошлиғи ва ТАҚИ илмий ишлар бўйича проректори лавозимларида самарали фаолият олиб борган.

Касимов Иркин Тошкент архитектура қурилиш институти, Тошкент темир йўл транспорт муҳандислари институти, Жанубий Қозоғистон Давлат Университети, Қирғизистон “УСТО” университети қошидаги тўртта Ихтисослашган илмий Кенгашлар аъзоси бўлган. Ҳозир Тошкент ирригация ва мелиорация институтидаги ихтисослашган илмий кенгаш аъзоси.

Шунингдек, у Қозоғистон Республикаси “Архитектура ва қурилиш” бош Академияси, ҳамда Қирғизистон Архитектура, транспорт ва қурилиш Давлат университетлари фахрий профессори ҳамдир.

Сўнги 10 йил давомида 4 та монография, олий ва касб-хунар билим юрти талабалари учун ўзбек, рус ва қозоқ тилларда 15 та дарслик ва ўқув қўлланмалари нашрдан чиқарган.

У ўз иш фаолияти давомида кўплаб шогирдлар етиштирди. Унинг раҳбарлигида 3 та докторлик, 30 та номзодлик диссертациялари ёқланди. Қосимов (Иркин) Эркин Умарали ўғли Ўзбекистон Олий Таълим ва Тошкент шаҳар Халқ таълим аълочилиги кўкрак нишони билан тақдирланди.

Қалби ёшлиқ шижоати билан тўлган устоз Қосимов Эркин Умарали ўғли ўз соҳасининг етук намоёниси, олий таълим фидойиси, камтарин, юқори маданиятли, маъсулиятни ўта хис этувчан, ўзига ва атрофдагиларга талабчан ва яхши ташкилотчи эканлигини эътироф этиш зарур.

Э. Қосимов ўзининг 80 ёшини янги куч ва ғайрат билан кутиб олмоқда, унга келгуси ишларида зафарлар ва муваффақиятлар тилаймиз.

Журнал тахририяти

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ И СООБЩЕНИЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ
В УЗБЕКСКОМ ЖУРНАЛЕ «ПРОБЛЕМЫ МЕХАНИКИ» в 2015 г.**

**Номер
журнала**

Абдиева Г., Юсупова Н.Б., Хамраева С.А., Акбаров А.А., Бегмонов Р. Определение оптимальных форм тканых полотен при внутренних давлениях.....	1
Абдукамилов Ш.Ш. Численные методы расчета несущей способности железнодорожного земляного полотна, отсыпанного барханными песками в динамической постановке.....	2
Абдукаримов А. Кинематика переходного процесса валковой технологической машины дугообразным перемещением центра вращения подвижного рабочего вала.....	3-4
Абдукаримов А.М., Мирсалихов З.Э. Исследование прочностных и деформативных свойств лессовидных супесей при воздействии вибродинамической нагрузки.....	2
Абдураззоков У.А. Влияние сложности маршрута на формирование нормативов на автомобильном транспорте.....	3-4
Абдусаттаров А., Расулмухамедов М.М. К процедуре расчета пространственных конструкций при переменных нагрузениях с учетом упрочнения-разупрочнения.....	2
Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Некоторые аспекты структурообразования минеральных вяжущих веществ и способы их исследования.....	2
Акрамов Х.А., Давлятов Ш.М. Панеллар билан кучайтирилган цилиндрлик пўлат қобққларни устиворликка ҳисоблаш усули.....	3-4
Алматаев Т.О., Негматов С.С., Халимжонов Т.С., Эрматов К.М. Основные триботехнические свойства модифицированных композиционных полимерных материалов.....	2
Атабаев К., Джалилова Т., Джаббаров А.Р. Исследование влияния материала частиц на параметры кратерообразования в плоской мишени при высокоскоростном ударе.....	3-4
Ахмедов А. Влияние геометрических размеров измерительной камеры на показатель микронейра хлопкового волокна на акустическом приборе.....	3-4
Ахметов А.А. Обоснование углов раствора лезвий крыльев асимметричной лапы.....	1
Ахметов А.А., Ахмедов Ш.А. Оценка статической прочности передней балки с регулируемым клиренсом при заносе трактора.....	3-4
Ахунбабаев О.А., Эргашов М.А., Абдуллаев М.М. Методика и алгоритм расчета натяжения нитей основы в окрестности шелкоткацкого станка.....	3-4
Ахунбабаев О.А., Эргашов М.А., Абдуллаев М.М. Методика расчета статических натяжений растяжимых нитей основы около скало шелкоткацкого станка.....	2
Бакиев М.Р., Шукурова С.Э. О положении гидравлически однородных зон в потоке, симметрично стесненного комбинированными дамбами со ступенчатой застройкой.....	2
Балтабаев У.Н., Хусанов И.Н. Моделирование движения вязко-инертно деформируемой среды.....	3-4
Бекмирзаев Д.А. Практические задачи сейсмомодинамики подземных трубопроводов.....	1
Буриев А.Т. Нестационарные колебания системы “здание – фундамент” при действии упругой плоской сдвиговой волны.....	1
Буриев А.Т. Учет распространения волн в грунте при изгибном колебании балки с сосредоточенной массой на конце.....	3-4
Буриев Т. Воспоминания о встречах с А.А. Ильюшиным и В.В. Москвитиным.....	3-4
Бурнашев В.Ф., Хужаеров Б.Х. Математическое моделирование мицеллярно-полимерного воздействия на нефтяной пласт.....	3-4
Гаппаров Ф.А., Аджимуратов Д.С., Худайкулов С.И., Арипов И.К., Эрманов Р.А., Абилов А. Осаждение неоднородных по крупности наносов при действии ветровых волн.....	3-4
Гаппаров Ф.А., Нишонов Ф.Х., Фатхуллаев А.М., Худайкулов С.И. Возникновение кавитации в дисперсной смеси.....	2
Гловацкий О.Я., Эргашев Р.Р., Рустамов Ш.Р. Конструктивные особенности модернизированного центробежного насоса.....	1
Далабаев У., Латипов Н.К. Исследование подъемной силы, действующей на вращающейся цилиндрической частице в поле течения Куэтта.....	2
Джаббаров С.Т. Исследование поля скоростей частиц воздуха вблизи вагонов при движении скоростного поезда в равнинной местности.....	2
Джураев А., Мавлянов А.П., Мирахмедов Дж., Холтураев Х. Обоснование жесткости упругой опоры сетчатой поверхности очистителя хлопка от мелкого сора.....	3-4
Джураев А., Турдалиев В. Таркибли етакланувчи юлдузчали занжирли узатманинг кинематик ҳисоби.....	3-4
Зияев К.З. Шахардаги ҳаракат шароитида енгил автомобилларнинг самарадолигини баҳолаш услуги.....	3-4

Иноятходжаев Ж.Ш., Умеров Ф.Ш. Мехатронные инновации в автомобильной промышленности.....	1
Исмагилов Х.А., Сайидов М.Т. Защитные мероприятия на р. Амударье в районе Тупроккалинского массива Хорезмской области.....	1
К 105-летию со дня рождения А.А. Ильюшина.....	3-4
Камалов Н.З., Камалов Ш.З., Каримов Д.Р. Синтез системы автоматической оптимизации технологического процесса линтерования хлопковых семян.....	1
Камалов Н.З., Камалов Ш.З., Каримов Д.Р., Болтаев Ф.Б. Векторная оптимизация процесса линтерования хлопковых семян.....	1
Каримжанов А., Кадырова М.А., Муллажонов Ж.В., Атабаев О.Х., Маматохунова Ю.А. Исследование устойчивости движения с помощью функции Ляпунова, построенной для предельной системы.....	1
Каххаров У.А., Бакиев М.Р. Гидравлические параметры потока в створе стеснения пойменными поперечными дамбами.....	2
Коршунова Н.А., Кодирова Ш.Ш., Рузматов М.И. Новые частные решения для активных участков в случае круговой ограниченной задачи трех тел.....	1
Лугачев А.Е., Мардонов Б.М., Гуляев Р.А. Увлажнение волокнистой массы в вертикальной шахте встречным потоком влажного воздуха.....	3-4
Маликов З.М. Математическое моделирование и численный расчет потока в винтовом канале.....	3-4
Мансурова М.А. Анализ колебаний рычага с рейкой механизма перемещения материалов при стачивании различной толщины материалов в швейной машине.....	3-4
Мансурова М.А. Влияние жесткости пружины кручения на режимы движения рабочего органа механизма перемещения материалов в швейной машине.....	2
Матчанов Р.Д. Некоторые вопросы разработки современной сельскохозяйственной техники.....	1
Махмудов Э.Ж., Шерматов Е., Усманов И.А. Научно-технические меры создания устойчивого водоснабжения Узбекистана из трансграничной реки Амударьи.....	1
Мирахмедов М.М., Музаффарова М.К., Пирназаров Г.Ф., Мамадалиев А.Ю. Методологические аспекты проектирования защиты железной дороги от песчаных заносов.....	2
Мусаев О.М. Определение относительной загрязненности нефтесодержащих сточных вод транспортных предприятий.....	2
Наврузов К.Н., Абдикаримов Ф.Б., Бабажанова Ю. Вычисление объема полостей желудочков сердца по кубатурной формуле Симпсона.....	2
Наврузов К.Н., Абдикаримов Ф.Б., Ражабов С.Х. Реологическая модель структурно-гетерогенной крови.....	3-4
Негматуллаев С.Х., Джураев Р.У., Улубиева Т.Р. Проявление сильных и ощутимых землетрясений на территории Таджикистана в 2015 году.....	3-4
Нишинов Ф.Х., Худайкулов С.И. Моделирование ударного импульса жидкости в трубопроводе.....	1
Расулов М.Х. Инновационные идеи Ташкентского института инженеров железнодорожного транспорта.....	2
Расулов Р.Х. Влияние влажности грунта и внешней пригрузки на величину модуля сейсмопропадки лёсса.....	1
Расулов Р.Х., Ташходжаев А.У. Зависимость порога сейсмопропадочности от прочности грунта.....	1
Рахимов Р.В. Оценка ходовых качеств нового пассажирского вагона модели 61-920 производства Республики Узбекистан.....	2
Рахимова Н.Б. Моделирование процессов пассивного охлаждения чердачных помещений энергоэкономичных гражданских зданий в условиях сухого жаркого климата.....	2
Рашидов Т.Р., Бекмирзаев Д.А. Сейсмик кучлар таъсирида ер ости кувурида ҳосил бўладиган кучланишларнинг таҳлили.....	3-4
Рашидов Т.Р., Саламова К.Д., Ан Е.В. Анализ материалов XIV Всемирной конференции по сейсмостойкому строительству (Пекин, 2008 г.), связанных с воздействием сильных землетрясений на гидротехнические сооружения.....	3-4
Рузматов Я.О. Анализ конструкций и методов расчета боковых рам тележек грузовых вагонов.....	2
Саатова Н.З. Расчет остаточного ресурса железобетонных пролетных строений мостов по коррозии бетона и арматуры.....	3-4
Сагдиев Х.С., Саидий С.А., Ахмедов М.А., Тешабоев З.Р. Инструментально-расчетная оценка сейсмостойкости типовых кирпичных зданий, построенных в 1960 – 1970-е годы.....	2
Сагдиев Х.С., Тешабоев З.Р., Галиаскаров В.А. Колебания зданий и их грунтовых оснований при землетрясениях.....	3-4
Сагдиев Х.С., Тешабоев З.Р., Хабибуллин А.Ш. Оценка сейсмостойкости зданий, построенных по старым строительным нормам и правилам.....	2

Сайидов М.Т., Исмагилов Х.А. Расчет деформации русла Тюямуянского водохранилища и зоны Дарган-Ата.....	1
Салямова К.Д. Основные аспекты по безопасной и надежной эксплуатации гидротехнических сооружений в сейсмических районах республики.....	1
Серикбаев Б.С., Носиров Ф.Э. Техника и технология промывки засоленных земель в Джизакской области.....	3-4
Сидиков М.Н. Стабилизация частного движения гиригоризонткомпаса.....	1
Сулаймонов Р.Ш. Исследование движения семенной массы между двумя движущимися параллельными пластинами.....	3-4
Сулаймонов Р.Ш., Мардонов Б.М., Лугачев А.Е. Исследование процесса взаимодействия линта с колосниками в модуле линтоочистителя.....	1
Техника фанлари доктори, профессор Иркин Касимов 80 ёшда.....	3-4
Турдалиев В., Джураев А., Тухтакузиев А. Анализ результатов испытаний комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы и сева мелкосеменных культур.....	1
Тухтакузиев А., Джураев А., Турдалиев В. Кинематический и динамический анализ лопастного барабана комбинированного агрегата.....	2
Тухтакузиев А., Джураев А., Турдалиев В. Обоснование параметров лопастного барабана комбинированного агрегата.....	2
Усаров М.К. Динамический изгиб шарнирно-опертой пластины.....	3-4
Усмонкулов Ш.К., Мукимов М.М., Джураев А.Д. Анализ влияния параметров зоны оттяжки на натяжение петли цилиндра на двухфонтурных трикотажных машинах.....	1
Усмонкулов Ш.К., Мукимов М.М., Джураев А.Д. Обоснование параметров положения направителя в зоне оттяжки петель в трикотажной машине.....	1
Файзибаев Ш.С., Набиев Э.С. Методика расчета средней температуры сварочной ванны при многоэлектродной наплавке.....	2
Хаджибаев А.М. О физической реальности и физических системах.....	3-4
Хаджиев А., Комилов Н. Органоминерал ўғитларни кенглик бўйича сепилиш нотекислигини тадқиқ эти.....	3-4
Хакимов Ш.Ш. Пахтани йирик ифлосликлардан тозалагичларда илдирувчи мосламани амалий ўрганиш.....	3-4
Хакимов Ш.Ш. Пахтани тозалашда унинг таркибидаги мато бўлакларини ушлаб қолувчи узун қозикчали барабани амалий ўрганиш.....	3-4
Ходжиев М.Т., Аббазов И.З. Пахтани қайта ишлаш жараёнида чикаётган чанг ҳавони тозалашда заррачаларнинг моделини қуриш.....	3-4
Ходжиев М.Т., Рузметов М.Э. Изменение прядильных свойств хлопкового волокна от срока хранения и плотности складированного хлопка-сырца.....	3-4
Холияров Э.Ч., Шадмонов И.Э., Шодмонкулов М.Т. Обратные задачи упруго-пластической фильтрации жидкости в однородной пористой среде.....	1
Худайкулов Б.С., Якубова Х.М., Гаппаров Ф.А., Нишонов Ф.Х. Математическое моделирование динамики минерализации дренажных вод.....	2
Худайкулов С.И., Фатхуллаев А.М., Нишонов Ф.Х. Расчет параметров потока в дренаже с переменным расходом вдоль пути.....	1
Хужаёров Б.Х., Зикиряев Ш.Х. Численное решение задачи переноса вещества в двумерной гетерогенной пористой среде.....	2
Хужаёров Б.Х., Махмудов Ж.М., Зикиряев Ш.Х. Перенос вещества в двухзонной пористой среде с условием на фронте смачивания.....	2
Хужаёров Б.Х., Сайдуллаев У.Ж., Холияров Э.Ч. Уравнения фильтрования суспензий с образованием упруго-пластического кейк-слоя.....	1
Шермухамедов У.А. Равновесное и колебательное поведение двумерного течения несжимаемой жидкости.....	1
Шермухамедов У.З., Кадырова Ш.Ш. Выбор опорных частей мостов в сейсмических районах.....	2
Шоумарова М., Абдиллаев Т., Юсупов Ш.А. Совершенствование фрикционного привода шпинделя хлопкоуборочной машины.....	2
Юлдашев Т. А.А. Ильюшин уважал науку с приложением в практическую жизнь.....	3-4
Юлдашев Ш.С. Влияние виброзащитных экранов на уровень вибраций, распространяемых в грунте, возникающих при движении поездов метро.....	2

МУНДАРИЖА

А.Т. Буриев. Бир учига юк ўрнатилган балкани тебранишида ерда тўлқин тарқалишини ҳисобга олиш	3
Т.Р. Рашидов, Д.А. Бекмирзаев. Сейсмик кучлар таъсирида ер ости қувирида ҳосил бўладиган кучланишларнинг таҳлили	8
М.К. Усаров. Шарнирли маҳкамланган пластинанинг динамик эгилиши	12
Х.А. Акрамов, Ш.М. Давлятов. Панеллар билан кучайтирилган цилиндрик пўлат қобикларнинг устиворлиги ва юк кўтариш қобилиятини ҳисоблаш	16
К. Атабаев, Т. Джалилова, А.Р. Джаббаров. Ясси нишонга юқори тезликдаги урилишдан ҳосил бўладиган кратерни параметрларига материал заррачаларини таъсири тадқиқотлари	21
У.Н. Балтабаев, И.Н. Хусанов. Ёпишқоқ-инерт деформацияланувчи муҳит ҳаракатини моделлаштириш	27
Н.З. Саатова. Кўприклар темирбетон оралик қурилмасининг бетон ва арматура коррозияси бўйича қолдиқ ресурсини ҳисоблаш	32
Х.С. Сагдиев, З.Р. Тешабоев, В.А. Галиаскаров. Ер кимирлашларида бино ва уларни грунтли заминларини тебранишлари	35
В.Ф. Бурнашев, Б.Х. Хужаёров. Нефт қатламига мицелляр - полимер эритмалар ҳайдашни математик моделлаштириш	39
Ф.А. Гаппаров, Д.С. Аджимуратов, С.И. Худайкулов, И.К. Арипов, Р.А. Эрманов, А. Абиров. Бир жинсли бўлмаган қатталикдаги заррачаларнинг чўкишига шомол тўлқинлари таъсири	44
К.Н. Наврузов, Ф.Б. Абдиқаримов, С.Х. Ражабов. Структурали гетероген қоннинг реологик модели	49
О.А. Ахунбабаев, М.А. Эргашов, М.М. Абдуллаев. Шойи тўқув дастгоҳи қисмидаги танда иплари таранглигини ҳисоблаш	52
А.Е. Лугачев, Б.М. Мардонов, Р.А. Гуляев. Вертикал шахтада ҳаракаланаётган толали массанинг қарши йўналган нам ҳаво таъсирида намланиши	56
А. Ахмедов. Акустик ўлчов асбобида ўлчаш камераси геометрик ўлчамларининг микронейр кўрсаткичига таъсири	60
А. Абдуқаримов. Кўчувчи ишчи валининг айланиш маркази ёйсимон ҳаракатланувчи валли технологик машинанинг ўтиш жараёни кинематикаси	64
А.А. Ахметов, Ш.А. Ахмедов. Эскирган тракторда клиренси ўзгартириладиган кўприк олдинги балкасини статик мустаҳкамлиги баҳолаш	68
А. Джураев, А.П. Мавлянов, Дж. Мирахмедов, Х. Холтураев. Пахтани майда чиқиндилардан тозалогичнинг сеткали юзаси қайишқоқ таянчи биқирлигини асослаш	72
М.А. Мансурова. Тикув машинасида турли қалинликдаги материалларни тикишда суриш механизмининг рейкали ричаги тебранишларини таҳлили	76
Ш.Ш. Ҳакимов. Пахтани йирик ифлосликлардан тозалогичларда илдирувчи мосламани амалий ўрганиш	80
М.Т. Ходжиев, И.З. Аббазов. Пахтани қайта ишлаш жараёнида чиқаётган чанг ҳавони тозалашда заррачаларнинг моделини қуриш	82
Р.Ш. Сулаймонов. Қўзғалувчан икки параллел пластиналар оралиғида чигитли масса ҳаракатининг тадқиқоти	86
К.З. Зияев. Шаҳардаги ҳаракат шароитида енгил автомобилларнинг самарадолигини баҳолаш услуби	89
Б.С. Серикбаев, Ф.Э. Носиров. Жиззах вилоятида шўрланган ерларни ювишнинг техника ва технологиялари	92
З.М. Маликов. Марказдан қочма чанг тутгичнинг спиралли каналидаги аэродинамик параметрларни ҳисоблаш	96

Илмий ахборотлар

У.А. Абдураззоков. Автомобил транспорти меъёрларининг шаклланишида маршрут мураккабликларининг таъсири	101
А. Джураев, В. Турдалиев. Таркибли етакланувчи юлдузчали занжирли узатманинг кинематик ҳисоби	105
Т.Р. Рашидов, К.Д. Салямова, Е.В. Ан. Гидротехник иншоотларига (ГТИ) кучли зилзилаларни таъсири билан боғлиқ зилзилабардош қурилиш бўйича XIV бутунжаҳон конференциясини (Пекин, 2008 й.) материаллари таҳлили	108
А.М. Ҳаджибаев. Физик реаллик ва физик тизимлар ҳақида	116
А. Ҳаджиев, Н. Комилов. Органоминерал ўғитларни кенглик бўйича сепилиш нотекислигини тадқиқ этиш	120
М.Т. Ходжиев, М.Э. Рузметов. Ғарамланган пахта хом-ашёсини узоқ вақт сақланиш ва ғарамлаш зичлигидан калава ипининг йигирув хусусиятлари ўзгариши	123
Ш.Ш. Ҳакимов. Пахтани тозалашда унинг таркибидаги мато бўлакларини ушлаб қолувчи узун қозикчали барабани амалий ўрганиш	127

Хабарлар

Т. Р. Рашидов. А.А. Ильюшин туғилган кунининг 105 – йиллигига.....	131
Т. Буриев. А.А. Ильюшин ва В.В. Москвитинлар билан учрашувлар ҳақида эсталиклар.....	136
Т. Юлдашев. А.А. Ильюшин фан натижаларини ҳаётга татбиқ қилишни ҳурмат қилган.....	139
С.Х. Негматуллаев, Р.У. Джураев, Т.Р. Улубиева. 2015 йилда Тожикистон худудида бўлиб ўтган кучли ва сезиларли zilзилалар	142
Техника фанлари доктори, профессор Иркин Касимов 80 ёшда.....	
«Механика муаммолари» Ўзбекистон журналида 2015 йилда нашр қилинган мақола ва илмий ахборотлар кўрсаткичи	144 145

СОДЕРЖАНИЕ

А. Т. Буриев. Учет распространения волн в грунте при изгибном колебании балки с сосредоточенной массой на конце.....	3
Т. Р. Рашидов, Д. А. Бекмирзаев. Анализ напряжений подземных трубопроводов при сейсмических воздействиях.....	8
М. К. Усаров. Динамический изгиб шарнирно-опертой пластины.....	12
Х. А. Акрамов, Ш. М. Давлятов. Расчет устойчивости и несущей способности цилиндрических стальных оболочек, подкрепленных панелями.....	16
К. Атабаев, Т. Джалилова, А. Р. Джаббаров. Исследование влияния материала частиц на параметры кратерообразования в плоской мишени при высокоскоростном ударе.....	21
У. Н. Балтабаев, И. Н. Хусанов. Моделирование движения вязко-инертно деформируемой среды.....	27
Н. З. Саатова. Расчет остаточного ресурса железобетонных пролетных строений мостов по коррозии бетона и арматуры.....	32
Х. С. Сагдиев, З. Р. Тешабоев, В. А. Галиаскаров. Колебания зданий и их грунтовых оснований при землетрясениях.....	35
В. Ф. Бурнашев, Б. Х. Хужаёров. Математическое моделирование мицеллярно-полимерного воздействия на нефтяной пласт.....	39
Ф. А. Гаппаров, Д. С. Аджимуратов, С. И. Худайкулов, И. К. Арипов, Р. А. Эрманов, А. Абиров. Осаждение неоднородных по крупности наносов при действии ветровых волн.....	44
К. Н. Наврузов, Ф. Б. Абдикаримов, С. Х. Ражабов. Реологическая модель структурно-гетерогенной крови.....	49
О. А. Ахунбабаев, М. А. Эргашов, М. М. Абдуллаев. Методика и алгоритм расчета натяжения нитей основы в окрестности шелкоткацкого станка.....	52
А. Е. Лугачев, Б. М. Мардонов, Р. А. Гуляев. Увлажнение волокнистой массы в вертикальной шахте встречным потоком влажного воздуха.....	56
А. Ахмедов. Влияние геометрических размеров измерительной камеры на показатель микронейра хлопкового волокна на акустическом приборе.....	60
А. Абдукаримов. Кинематика переходного процесса валковой технологической машины дугообразным перемещением центра вращения подвижного рабочего вала.....	64
А. А. Ахметов, Ш. А. Ахмедов. Оценка статической прочности передней балки с регулируемым клиренсом при заносе трактора.....	68
А. Джураев, А. П. Мавлянов, Дж. Мирахмедов, Х. Холтураев. Обоснование жесткости упругой опоры сетчатой поверхности очистителя хлопка от мелкого сора.....	72
М. А. Мансурова. Анализ колебаний рычага с рейкой механизма перемещения материалов при стачивании различной толщины материалов в швейной машине.....	76
Ш. Ш. Хакимов. Изучение устройства для закрепления в очистителях крупного сора.....	80
М. Т. Ходжиев, И. З. Аббазов. Создание модели при выделении запыленного воздуха первичной обработки хлопка.....	82
Р. Ш. Сулаймонов. Исследование движения семенной массы между двумя движущимися параллельными пластинами.....	86
К. З. Зияев. Метод оценки эффективности легковых автомобилей в городских условиях.....	89
Б. С. Серикбаев, Ф. Э. Носиров. Техника и технология промывки засоленных земель в Джизакской области.....	92
З. М. Маликов. Математическое моделирование и численный расчет потока в винтовом канале.....	96

Научные сообщения

У. А. Абдураззоков. Влияние сложности маршрута на формирование нормативов на автомобильном транспорте.....	101
А. Джураев, В. Турдалиев. Кинематический расчет цепной передачи с составной ведомой звездочкой....	105
Т. Р. Рашидов, К. Д. Салямова, Е. В. Ан. Анализ материалов XIV Всемирной конференции по сейсмостойкому строительству (Пекин, 2008 г.), связанных с воздействием сильных землетрясений на гидротехнические сооружения.....	108
А. М. Хаджибаев. О физической реальности и физических системах.....	116
А. Хаджиев, Н. Комилов. Исследование неравномерности внесения органо-минеральных удобрений по ширине.....	120
М. Т. Ходжиев, М. Э. Рузметов. Изменение прядильных свойств хлопкового волокна от срока хранения и плотности складированного хлопка-сырца.....	123
Ш. Ш. Хакимов. Экспериментальные исследования пруткового барабана для улавливания посторонних мягких примесей из хлопка-сырца при его очистке.....	127

Хроника

К 105-летию со дня рождения А.А. Ильюшина.....	131
Т. Буриев. Воспоминания о встречах с А.А. Ильюшиным и В.В. Москвитином.....	136
Т. Юлдашев. А.А. Ильюшин уважал науку с приложением в практическую жизнь.....	139
С.Х. Негматуллаев, Р.У. Джураев, Т.Р. Улубиева. Проявление сильных и ощутимых землетрясений на территории Таджикистана в 2015 году.....	142
Доктору технических наук, профессору Иркину Касимову 80 лет.....	144
Указатель статей и сообщений, опубликованных в Узбекском журнале «Проблемы механики» в 2015 г.	145

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 10.12.2015. Подписано в печать 11.01.2016.
Формат 60×84 ¹/₈. Гарнитура Times New Roman. Ризография.
Усл.-печ. л. 17.67. Уч.-изд. л. 12.5. Тираж 105. Заказ № .
Цена договорная.

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