

Импакт-фактор
РИНЦ – 0,011

Подписной индекс – 76129

Адрес редакции:
Республика Казахстан,
140008, г. Павлодар,

ул. Ломова, 64.
Тел.: (7182) 67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz
www.vestnik.psu.kz

МАЗМҰНЫ

Украинец В. Н., Гирнис, С. Р. Жылжымалы жүктеме әрекетінен серпімді жартылай кеңістікте орналасқан үш қабатты қабықшаның динамикасы.....	7
Балғабеков Т. К., Есентаев С. Д. Автомобильге техникалық қызмет көрсету саласындағы негізгі мәселелерді зерттеу мәселесі	21
Жетписов Д. Б., Богомолов А. В. Электролизерлердің катодты футерлеуінің тұрақтылығын арттыру әдістері.....	31
Барзов А. А., Денчик А. И., Ткачук А. А. Атқарушылық өлшемнің ықтималдық қалыптасу процесін имитациялық модельдеу	39
Бржанов Р. Т. Қысқы бетонның сыни беріктігің алуының мерзімің зерттеу.....	48
Бржанов Р. Т., Софронова Л. И. Степногорск гидрометаллургиялық зауытының қалдық қоймаларының жанындағы радиациялық жағдайды зерттеу	55

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель
главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор(ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Гумаров Гали Сагингалиевич – д.т.н., профессор (Уральск, Казахстан);
Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Украинец Виталий Николаевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганды, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Бочкарев Петр Юрьевич – д.т.н., профессор (Саратов, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Чайкин Владимир Андреевич – д.т.н., профессор (Магнитогорск, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);

Нұрман Е. А., Альжанов М. К.

Шлам негізінде қалыптау бұйымдарын алу мүмкіндігін зерттеу темір кен шікізатын байыту 65

Хамзина Ш. Ш., Хлущевская О. А.,

Сулейменов О.

Павлодар қаласында нәсерлі кәріз жүйесін жетілдіру 73

Тұрлығажы Е. С.

Заманауи ақпарат және коммуникация кеңістігіндегі университет WEB сайты 80

Малыбаев Н. С., Касенов А. Ж.,

Әбішев Қ. Қ., Кулумжанов Ж. Ж.,

Мукатов С. С.

Гидравликалық жүйеге гидроаккумулятор тандау бойынша ұсыныстар 86

Волкова Л. Ю.

Құрылғы, пайдалану принципі және екіншіліктің эсегінің негіздері жүтіптікі MAN diesel B&W 6S60MC-C 94

Ерсаин К. С., Суюндиқов М. М.,

Толымбекова Л. Б.

Қалыптау қоспасының құрамын таңдап алу және балқытылатын үлгілер бойынша құю үшін криотехнологияларды қолдану 111

Мерейтойлық даталар 121

Авторларға арналған ережелер 133

Жарияланым этикасы 136

Импакт-фактор
РИНЦ – 0,011

КОРРЕКТОРЫ:
А. Р. Омарова,
Д. А. Жумабекова

ВЕРСТКА:
Д. А. Жумабекова

© ПГУ им. С. Торайгырова

СОДЕРЖАНИЕ

Украинец В. Н., Гирнис С. Р. Динамика трехслойной оболочки в упругом полупространстве под воздействием подвижной нагрузки.....	7
Балгабеков Т. К., Есентаев С.Д. Вопросы изучения основных проблем в сфере технического обслуживания автомобилей.....	21
Жетписов Д. Б., Богомолов А. В. Методы повышения стойкости катодной футеровки электролизеров	31
Барзов А. А., Денчик А. И., Ткачук А. А. Имитационное моделирование процесса вероятностного формирования исполнительного размера.....	39
Бржанов Р. Т. Изучение продолжительности набора зимнего бетона критической прочности	48
Бржанов Р. Т., Софронова Л. И. Исследование радиационной обстановки вблизи хвостохранилищ Степногорского гидрометаллургического завода	55
Нұрман Е. А., Альжанов М. К. Исследование возможности получения формовочных изделий на основе шламов обогащения железорудного сырья	65
Хамзина Ш. Ш., Хлущевская О. А., Сулейменов О. Совершенствование системы ливневой канализации в городе Павлодар	73
Турлыгажы Е. С. Web сайт университета в современном информационном и коммуникационном пространстве.....	80
Малыбаев Н. С., Касенов А. Ж., Абишев К. К., Кулумжанов Ж. Ж., Мукатов С. С. Рекомендации по выбору гидроаккумулятора для гидравлической системы.....	86
Волкова Л. Ю. Устройство, принцип действия и основы расчета судового двухтактного крейцкопфного дизеля MAN B&W 6S60MC-C.....	94

Ерсаин К. С., Суюндиков М. М.,

Толымбекова Л. Б.

Подбор состава формовочной смеси и применение криотехнологии для литья по выплавляемым моделям	111
Юбилейные даты	121
Правила для авторов	133
Публикационная этика	136

CONTENTS

<i>Ukrainets V. N., Giris S. R.</i>	
Dynamics of a three-layer shell in an elastic half-space under the influence of mobile load.....	7
<i>Balgabekov T. K., Yessentayev S. D.</i>	
To the the study of the main problems in the field of car maintenance.....	21
<i>Jetpisov D. B., Bogomolov A. V.</i>	
Methods for increasing the resistance of cathode lining of electrolyzers	31
<i>Barzov A. A., Denchik A. I., Tkachuk A. A.</i>	
Simulation of the process of probabilistic formation of the executive size	39
<i>Brzhanov R. T.,</i>	
The study of the duration of the set of winter concrete critical strength	48
<i>Brzhanov R. T., Sofronova L. I.</i>	
Study of radiation conditions near the tailings of the Stepnogorsk hydrometallurgical plant	55
<i>Nurman E. A., Alzhanov M. K.</i>	
Investigation of the possibility of obtaining molding products based on slurries of iron ore raw materials concentration.....	65
<i>Khamzina Sh. Sh., Khluchshevskaya O. A., Suleimenov O.</i>	
Improvement of the discharge system of the Pavlodar city.....	73
<i>Turlygazhy Y. S.</i>	
Web site of the university in the modern information and communication space	80
<i>Malybaev N. S., Kasenov A. Zh., Abishev K. K., Kulumzhanov Zh. Zh., Mukatov S. S.</i>	
Recommendations for selecting a hydraulic battery for a hydraulic system.....	86
<i>Volkova L. I.</i>	
Details, principle of operation and basis of calculation of shipping two-stroke crosshead diesel MAN B&W 6S60MC-C	94
<i>Yersain K. S., Suyundikov M. M., Tolymbekova L. B.</i>	
Selection of the composition of the molding mixture and the appliance of cryotechnology for casting on smelted models.....	111

Anniversary dates.....	121
Rules for authors	133
Publication ethics.....	136

ГРНТИ 30.19.15

Украинец Виталий Николаевич

д.т.н., профессор, кафедра «Архитектура и дизайн»,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: vitnikukr@mail.ru

Гирнис Светлана Римонтасовна

к.т.н., ассоц. профессор, кафедра «Промышленное,
гражданское и транспортное строительство»,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: girnis@mail.ru

**ДИНАМИКА ТРЕХСЛОЙНОЙ ОБОЛОЧКИ В УПРУГОМ
ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ
ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ**

Решена задача о действии подвижной нагрузки на трехслойную оболочку в упругом полупространстве. Для описания движения полупространства и внутреннего слоя оболочки используются динамические уравнения теории упругости в потенциалах Ламе, колебания наружных слоев оболочки описываются классическими уравнениями теории тонких оболочек. Первоначально произвольная в окружном направлении бегущая нагрузка полагается синусоидальной по оси оболочки. Для решения задачи предложен метод неполного разделения переменных. Затем полученное решение используется для решения задачи о действии на оболочку движущейся нагрузки, не обладающей периодичностью, но представимой в виде интеграла Фурье. Решение получено для случая, когда скорость движения нагрузки меньше её критических скоростей. Данная задача математически моделирует динамику подкрепленного трехслойной обделкой тоннеля мелкого заложения при действии транспортной нагрузки (нагрузки от движущегося внутритоннельного транспорта).

Ключевые слова: упругое полупространство, трехслойная оболочка, подвижная нагрузка, тоннель, напряженно-деформированное состояние.

ВВЕДЕНИЕ

Впервые задача о действии движущейся с постоянной дозвуковой скоростью осесимметричной нормальной нагрузки на тонкостенную цилиндрическую оболочку в упругом пространстве рассмотрена в работе В.И. Пожуева [1]. Аналогичные исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) двухслойной оболочки в упругом массиве при действии транспортных нагрузок с использованием моделей теории упругости и тонких оболочек проведены в [2, 3]. Было показано существование критических скоростей движения нагрузок, при превышении которых в оболочках позади бегущей нагрузки возникают свободные незатухающие колебания. Последнее ограничивает диапазон возможных скоростей движения нагрузок в тоннелях и подземных трубопроводах, определение которого необходимо для обеспечения прочности и надежности подобных сооружений при эксплуатации.

Движение дозвуковой периодической и аperiodической нагрузки вдоль неподкрепленной и подкрепленной тонкой упругой оболочкой круговой цилиндрической полости в упругом полупространстве изучалось в [2, 4, 5] на основе методов неполного разделения переменных и переразложения цилиндрических и плоских волн. Были получены аналитические решения соответствующих краевых задач, на основе которых проведены численные эксперименты и их анализ для разного типа нагрузок и скоростей их движения. В настоящей работе эта теория обобщена на трехслойные цилиндрические оболочки в упругом полупространстве.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Постановка задачи. Рассмотрим бесконечно длинную круговую цилиндрическую трехслойную оболочку с радиусом наружной поверхности R_1 и внутренней – R_2 в линейно-упругом, однородном и изотропном полупространстве (массиве), отнесенному к неподвижным цилиндрической r, θ, z и декартовой x, y, z системам координат, ось z которых совпадает с осью полости и параллельна свободной от нагрузок горизонтальной границе полупространства, ось x – перпендикулярна к этой границе: $x \leq h$ (рисунок 1). Внутренним слоем оболочки является толстостенная оболочка (заполнитель), а внешние слои (обшивка) представляют собой тонкостенные оболочки толщиной h_{01} и h_{02} . В силу малости толщин составляющих обшивку слоев допускается, что они контактируют с заполнителем и окружающим массивом вдоль своих срединных поверхностей с радиусами R_1 и R_2 . Контакт между слоями оболочки полагается жестким, а контакт между оболочкой и массивом полагается либо жестким, либо скользящим при двусторонней связи в радиальном направлении.

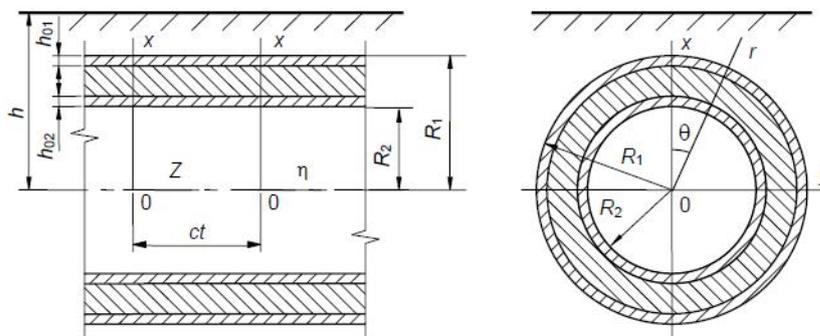


Рисунок 1 – Трёхслойная оболочка в упругом полупространстве

По внутренней поверхности оболочки в направлении оси z с постоянной скоростью c движется нагрузка интенсивностью P , вид которой не меняется с течением времени (стационарная нагрузка). Скорость движения нагрузки принимается дозвуковой, т. е. меньше скоростей распространения волн сдвига в заполнителе и массиве. Физико-механические свойства массива и заполнителя характеризуются соответственно следующими постоянными: $\nu_1, \mu_1, \rho_1; \nu_2, \mu_2,$

ρ_2 , где ν_k – коэффициент Пуассона, μ_k – модуль сдвига, ρ_k – плотность ($k = 1, 2$). В дальнейшем индекс $k = 1$ относится к массиву, а $k = 2$ – к заполнителю.

Поскольку рассматривается установившийся процесс, то картина деформаций стационарна по отношению к движущейся нагрузке. Поэтому можно перейти к связанной с нагрузкой подвижной декартовой $x, y, \eta = z - ct$ или цилиндрической $r, \theta, \eta = z - ct$ системе координат.

Для описания движения массива и заполнителя используются динамические уравнения теории упругости в подвижной системе координат [3]

$$(M_{pk}^{-2} - M_{sk}^{-2}) \text{grad div } \mathbf{u}_k + M_{sk}^{-2} \nabla^2 \mathbf{u}_k = \partial^2 \mathbf{u}_k / \partial \eta^2, \quad k = 1, 2, \quad (1)$$

где $M_{pk} = c / c_{pk}$, $M_{sk} = c / c_{sk}$ – числа Маха; $c_{pk} = \sqrt{(\lambda_k + 2\mu_k) / \rho_k}$, $c_{sk} = \sqrt{\mu_k / \rho_k}$ – скорости распространения волн расширения-сжатия и сдвига в массиве и заполнителе, $\lambda_k = 2\mu_k \nu_k / (1 - 2\nu_k)$;

\mathbf{u}_k – векторы смещений точек массива и заполнителя,
 ∇^2 – оператор Лапласа.

Колебания слоев обшивки описываются классическими уравнениями теории тонких оболочек в подвижной системе координат [3-5]

$$\left[1 - \frac{(1 - \nu_{0k}) \rho_{0k} c^2}{2\mu_{0k}} \right] \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1 - \nu_{0k}}{2R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1 + \nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{\nu_{0k}}{R_k} \frac{\partial u_{0rk}}{\partial \eta} =$$

$$\frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k} h_{0k}} (q_{\eta k} - q_{\eta R_k}),$$

$$\frac{1 + \nu_{0k}}{2R_k} \frac{\partial^2 u_{0\eta k}}{\partial \eta \partial \theta} + \frac{(1 - \nu_{0k})}{2} \left(1 - \frac{\rho_{0k} c^2}{\mu_{0k}} \right) \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \eta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial^2 u_{0\theta k}}{\partial \theta^2} + \frac{1}{R_k^2} \frac{\partial u_{0rk}}{\partial \theta} =$$

$$\frac{1 - \nu_{0k}}{2\mu_{0k} h_{0k}} (q_{\theta k} - q_{\theta R_k}), \quad (2)$$

Здесь для наружного слоя обшивки $k = 1$, для внутреннего – $k = 2$; ν_{0k} , μ_{0k} , ρ_{0k} – соответственно коэффициент Пуассона, модуль сдвига и плотность материалов слоев обшивки; $u_{0\eta k}$, $u_{0\theta k}$, u_{0rk} – перемещения точек срединных поверхностей слоев обшивки; $q_{jR_2} = \sigma_{ij2}|_{r=R_2}$, $q_{j1} = \sigma_{ij2}|_{r=R_1}$, $q_{jR_1} = \sigma_{ij1}|_{r=R_1}$ – составляющие реакции заполнителя и массива, $j = \eta, \theta, r$ (при скользящем контакте оболочки с массивом $q_{\eta R_1} = q_{\theta R_1} = 0$); σ_{rj1} , σ_{rj2} – компоненты тензоров напряжений в массиве и заполнителе, $q_{j2} = P_j(\theta, \eta)$, $P_j(\theta, \eta)$ – составляющие интенсивности подвижной нагрузки $P(\theta, \eta)$, $j = \eta, \theta, r$.

Так как граница полупространства свободна от нагрузок, то, при $x=h$

$$\sigma_{xx1} = \sigma_{xy1} = \sigma_{x\eta1} = 0. \quad (3)$$

При различных контактных условиях оболочки с массивом граничные условия имеют вид:

– для скользящего контакта оболочки с массивом

$$\begin{aligned} \text{при } r = R1 \quad u_{r1} = u_{r2}, \quad u_{j2} = u_{0j1}, \quad \sigma_{r\eta1} = 0, \quad \sigma_{r\theta1} = 0, \\ \text{при } r = R2 \quad u_{j2} = u_{0j2}, \quad j = r, \theta, \eta; \end{aligned} \quad (4)$$

– для жёсткого контакта оболочки с массивом

$$\text{при } r = R1 \quad u_{j1} = u_{j2}, \quad u_{j1} = u_{0j1}, \quad \text{при } r = R2 \quad u_{j2} = u_{0j2}, \quad j = r, \theta, \eta, \quad (5)$$

где u_{jk} ($k = 1, 2$) – компоненты векторов \mathbf{u}_k .

Векторы \mathbf{u}_k можно выразить через потенциалы Ламе [2, 3]

$$\mathbf{u}_k = \text{grad } \varphi_{1k} + \text{rot}(\varphi_{2k} \mathbf{e}_\eta) + \text{rot rot}(\varphi_{3k} \mathbf{e}_\eta), \quad k = 1, 2, \quad (6)$$

которые, как следует из (1) и (6), удовлетворяют уравнениям

$$\nabla^2 \varphi_{jk} = M_{jk}^2 \partial^2 \varphi_{jk} / \partial \eta^2, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, \quad (7)$$

где $M_{1k} = M_{pk}, M_{2k} = M_{3k} = M_{sk}$.

Через эти же потенциалы, используя (6) и закон Гука, можно выразить компоненты тензоров напряжений σ_{lmk} в массиве ($k = 1$) и заполнителе ($k = 2$) в цилиндрической ($l, m = r, \theta, \eta$) системе координат, а также σ_{lm1} в декартовой ($l, m = x, y, \eta$) системе координат.

Таким образом, для определения компонент НДС массива и заполнителя необходимо решить уравнения (7), используя граничные условия (3) и, в зависимости от условия контакта оболочки с массивом, (4) или (5).

2. Аналитическое решение задачи. Рассмотрим случай действия на оболочку синусоидальной по η подвижной нагрузки с произвольной зависимостью от угловой координаты

$$P(\theta, \eta) = p(\theta) e^{i\xi\eta}, \quad p(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_n e^{in\theta}, \quad (8)$$

$$P_j(\theta, \eta) = p_j(\theta) e^{i\xi\eta}, \quad p_j(\theta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} P_{nj} e^{in\theta}, \quad j = r, \theta, \eta,$$

где константа ξ определяет период $T = 2\pi/\xi$ действующей нагрузки.

В установившемся состоянии зависимость всех величин от η имеет вид (8), поэтому

$$\varphi_{jk}(r, \theta, \eta) = \Phi_{jk}(r, \theta)e^{i\zeta\eta}, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, \quad (9)$$

$$u_{0jk}(\theta, \eta) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u_{0nj} e^{im\theta} e^{i\zeta\eta}, \quad j = r, \theta, \eta, \quad k = 1, 2. \quad (10)$$

Подставляя (9) в (7), получим

$$\nabla_2^2 \Phi_{jk} - m_{jk}^2 \xi^2 \Phi_{jk} = 0, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, \quad (11)$$

где $m_{jk} = (1 - M_{jk}^2)^{1/2}$, $m_{1k} = m_{pk}$, $m_{2k} = m_{3k} \equiv m_{sk}$, ∇_2^2 – двумерный оператор Лапласа.

Используя (9) можно получить выражения для перемещений u_{lk}^* и напряжений σ_{lmk}^* ($l, m = r, \theta, \eta$) в массиве ($k = 1$) и заполнителе ($k = 2$), а также u_{l1}^* , σ_{lm1}^* ($l, m = x, y, \eta$) в массиве от синусоидальной нагрузки как функции от Φ_{jk} (* означает, что данные компоненты найдены при действии на оболочку синусоидальной подвижной нагрузки).

В дозвуковом случае $M_{sk} < 1$ ($m_{sk} > 0$, $k = 1, 2$), и решения уравнений (11) можно представить в виде [3]

$$\Phi_{jk} = \Phi_{jk}^{(1)} + \Phi_{jk}^{(2)}, \quad j = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, \quad (12)$$

где:

– для массива

$$\Phi_{j1}^{(1)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} K_n(k_{j1}r) e^{in\theta}, \quad \Phi_{j1}^{(2)} = \int_{-\infty}^{\infty} g_j(\xi, \zeta) \exp\left(iy\zeta + (x-h)\sqrt{\zeta^2 + k_{j1}^2}\right) d\zeta; \quad (13)$$

– для заполнителя

$$\Phi_{j2}^{(1)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj+3} K_n(k_{j2}r) e^{in\theta}, \quad \Phi_{j2}^{(2)} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj+6} I_n(k_{j2}r) e^{in\theta}. \quad (14)$$

Здесь $I_n(k_j r)$, $K_n(k_j r)$ – соответственно модифицированные функции Бесселя и функции

Макдональда, $k_{j1} = |m_{j1}\xi|$, $k_{j2} = |m_{j2}\xi|$; $g_j(\xi, \zeta)$, a_{n1}, \dots, a_{n9} – неизвестные функции и коэффициенты, подлежащие определению, $j = 1, 2, 3$.

Как показано в [2, 3, 5], представление потенциалов для полупространства в форме (12) приводит к их следующим выражениям в декартовой системе координат:

$$\Phi_{j1} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} \Phi_{nj} + g_j(\xi, \zeta) e^{(x-h)f_j} \right] e^{iy\zeta} d\zeta, \quad (15)$$

где $f_j = \sqrt{\zeta^2 + k_{j1}^2}$, $\Phi_{nj} = \left[(\zeta + f_j)/k_{j1} \right]^n$, $j = 1, 2, 3$.

Воспользуемся переписанными для σ_{xmi}^* ($m = x, y, \eta$) граничными условиями (3), с учетом (15). Выделяя коэффициенты при $e^{iy\zeta}$ и приравнявая, в силу произвольности y , их нулю, получим систему трех уравнений, из которой выражаем функции $g_j(\xi, \zeta)$ через неизвестные коэффициенты a_{n1}, a_{n2}, a_{n3} :

$$g_j(\xi, \zeta) = \frac{1}{\Delta^*} \sum_{l=1}^3 \Delta_{jl}^* e^{-hf_l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nl} \Phi_{nl}, \quad (16)$$

где $\Delta^* = (2\rho_*^2 - \beta^2)^2 - 4\rho_*^2 \sqrt{\rho_*^2 - \alpha^2} \sqrt{\rho_*^2 - \beta^2}$,

$$\Delta_{11}^* = \frac{\Delta_*}{2\sqrt{\rho_*^2 - \alpha^2}} - \frac{(2\rho_*^2 - \beta^2)^2}{\sqrt{\rho_*^2 - \alpha^2}}, \Delta_{12}^* = -2\zeta(2\rho_*^2 - \beta^2), \Delta_{13}^* = 2\xi(2\rho_*^2 - \beta^2)\sqrt{\rho_*^2 - \beta^2},$$

$$\Delta_{21}^* = -\frac{M_{s1}^2}{m_{s1}^2} \Delta_{12}^*, \Delta_{22}^* = -\frac{\Delta_{**}}{2\sqrt{\rho_*^2 - \beta^2}}, \Delta_{23}^* = -4\xi\zeta \frac{M_{s1}^2}{m_{s1}^2} \sqrt{\rho_*^2 - \alpha^2} \sqrt{\rho_*^2 - \beta^2},$$

$$\Delta_{31}^* = -\frac{\Delta_{13}^*}{m_{s1}^2 \xi^2}, \Delta_{32}^* = \frac{\Delta_{21}^*}{\beta^2}, \Delta_{33}^* = -\frac{\Delta_{**}}{2\sqrt{\rho_*^2 - \beta^2}} + \frac{(2\rho_*^2 - \beta^2)^2}{\sqrt{\rho_*^2 - \beta^2}},$$

$$\alpha = M_{p1}\xi, \quad \beta = M_{s1}\zeta, \quad \rho_*^2 = \xi^2 + \zeta^2, \quad \Delta_{**} = (2\rho_*^2 - \beta^2)^2 - 4\rho_*^2 \sqrt{\rho_*^2 - \alpha^2} \sqrt{\rho_*^2 - \beta^2},$$

$$\rho_{**}^2 = \xi^2 + (2/m_{s1}^2 - 1)\zeta^2.$$

Заметим, что Δ^* – определитель Рэлея, который обращается в ноль при $\rho_{**R}^2 = \xi^2 M_R^2$, или в двух точках $\pm \zeta_R = \pm |\xi| \sqrt{M_R^2 - 1}$, где $M_R = c/c_R$ – число Маха, c_R – скорость поверхностных волн Рэлея, которую условимся называть рэлеевской скоростью. Из последнего следует, что Δ^* не обращается в ноль на действительной оси, если $M_R < 1$, или $\tilde{n} < \tilde{n}_R$, то есть при дорэлеевских скоростях движения нагрузки. В этом случае потенциалы (15) можно представить в виде

$$\Phi_{j1} = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nj} \Phi_{nj} + e^{(x-h)f_j} \sum_{l=1}^3 \frac{\Delta_{jl}^*}{\Delta^*} e^{-hf_l} \sum_{n=-\infty}^{\infty} a_{nl} \Phi_{nl} \right] e^{iy\zeta} d\zeta. \quad (17)$$

Следует отметить, что рэлеевская скорость c_R несколько ниже (на 5÷10%) скорости волн сдвига в массиве.

С учетом (17) выражения для компонент НДС массива в декартовых координатах при $\tilde{n} < \tilde{n}_R$ примут вид

$$u_{11}^* = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \left(T_{lj}^{(1)} F_{nj}^{(1)} + T_{lj}^{(2)} F_{nj}^{(2)} \right) e^{i(y\zeta + \xi\eta)} d\zeta, \tag{18}$$

$$\frac{\sigma_{lm1}^*}{\mu_1} = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 \left(S_{lmj}^{(1)} F_{nj}^{(1)} + S_{lmj}^{(2)} F_{nj}^{(2)} \right) e^{i(y\zeta + \xi\eta)} d\zeta.$$

Здесь: $l = x, y, \eta$, $m = x, y, \eta$;

$$\begin{aligned} F_{nj}^{(1)} &= \frac{e^{-xf_j}}{2f_j} \sum_{n=-\infty}^{n=\infty} a_{nj1} \Phi_{nj}, \quad F_{nj}^{(2)} = e^{(x-h)f_j} \sum_{l=1}^3 \frac{\Delta_{jl}^*}{\Delta_n} e^{-hf_j} \sum_n a_{nl1} \Phi_{nl}, \\ T_{x1}^{(1)} &= -T_{x1}^{(2)} = -f_1, \quad T_{x2}^{(1)} = T_{x2}^{(2)} = -\zeta, \quad T_{x3}^{(1)} = -T_{x3}^{(2)} = f_3 \xi, \\ T_{y1}^{(1)} &= T_{y1}^{(2)} = i\zeta, \quad T_{y2}^{(1)} = -T_{y2}^{(2)} = if_2, \quad T_{y3}^{(1)} = T_{y3}^{(2)} = -i\xi\zeta, \\ T_{\eta 1}^{(1)} &= T_{\eta 1}^{(2)} = i\xi, \quad T_{\eta 2}^{(1)} = T_{\eta 2}^{(2)} = 0, \quad T_{\eta 3}^{(1)} = T_{\eta 3}^{(2)} = -im_{s1}^2 \xi^2, \\ S_{xx1}^{(1)} &= S_{xx1}^{(2)} = n_2 + 2(f_1^2 - \xi^2 m_{p1}^2), \quad S_{xx2}^{(1)} = -S_{xx2}^{(2)} = 2\zeta f_2, \quad S_{xx3}^{(1)} = S_{xx3}^{(2)} = -2f_3^2 \xi, \\ S_{yy1}^{(1)} &= S_{yy1}^{(2)} = n_2 - 2(\zeta^2 + \xi^2 m_{p1}^2), \quad S_{yy2}^{(1)} = -S_{yy2}^{(2)} = -2f_2 \zeta, \quad S_{yy3}^{(1)} = S_{yy3}^{(2)} = 2\xi \zeta^2, \\ S_{\eta 1}^{(1)} &= S_{\eta 1}^{(2)} = n_2 - 2n_1, \quad S_{\eta 2}^{(1)} = S_{\eta 2}^{(2)} = 0, \quad S_{\eta 3}^{(1)} = S_{\eta 3}^{(2)} = 2m_{s1}^2 \xi^3, \\ S_{xy1}^{(1)} &= -S_{xy1}^{(2)} = -2f_1 \xi i, \quad S_{xy2}^{(1)} = S_{xy2}^{(2)} = -(f_2^2 + \zeta^2) i, \quad S_{xy3}^{(1)} = -S_{xy3}^{(2)} = 2f_3 \xi \zeta i, \\ S_{\eta y1}^{(1)} &= S_{\eta y1}^{(2)} = -2\xi \zeta, \quad S_{\eta y2}^{(1)} = -S_{\eta y2}^{(2)} = -\xi f_2, \quad S_{\eta y3}^{(1)} = S_{\eta y3}^{(2)} = n_2 \zeta, \\ S_{x\eta 1}^{(1)} &= -S_{x\eta 1}^{(2)} = -2f_1 \xi i, \quad S_{x\eta 2}^{(1)} = S_{x\eta 2}^{(2)} = -\xi \zeta i, \quad S_{x\eta 3}^{(1)} = -S_{x\eta 3}^{(2)} = n_2 f_3 i, \\ n_1 &= (1 + m_{p1}^2) \xi^2, \quad n_2 = (1 + m_{s1}^2) \xi^2. \end{aligned}$$

Используя известное при $x < h$ соотношение [2, 5]

$$\exp(iy\zeta + (x-h)\sqrt{\zeta^2 + k_j^2}) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} I_n(k_j r) e^{in\theta} \left[\left(\zeta + \sqrt{\zeta^2 + k_j^2} \right) / k_j \right]^n e^{-h\sqrt{\zeta^2 + k_j^2}},$$

представим Φ_{j1} (12) в цилиндрической системе координат

$$\Phi_{j1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left(a_{nj} K_n(k_{j1} r) + I_n(k_{j1} r) \int_{-\infty}^{\infty} g_j(\xi, \zeta) \Phi_{nj} e^{-hf_j} d\zeta \right) e^{in\theta}.$$

Подставляя в последнее выражение из (16) $g_j(\xi, \zeta)$, для $\tilde{n} < \tilde{n}_R$ получим

$$\Phi_{j1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left(a_{nj} K_n(k_{j1} r) + b_{nj} I_n(k_{j1} r) \right) e^{in\theta}, \tag{19}$$

где $b_{nj} = \sum_{l=1}^3 \sum_{m=-\infty}^{\infty} a_{ml} A_{nj}^{ml}$, $A_{nj}^{ml} = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{\Delta_{jl}^*}{\Delta_n} \Phi_{ml} \Phi_{nj} e^{-h(f_l + f_j)} d\zeta$.

С учетом (19) выражения для компонент НДС массива в цилиндрических координатах при $c < c_R$ примут вид

$$u_{l1}^* = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 [T_{lj1}^{(1)}(K_n(k_{j1}r))a_{nj} + T_{lj1}^{(2)}(I_n(k_{j1}r))b_{nj}] e^{i(\xi\eta+n\theta)}, \quad (20)$$

$$\frac{\sigma_{lm1}^*}{\mu_1} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 [S_{lmj1}^{(1)}(K_n(k_{j1}r))a_{nj} + S_{lmj1}^{(2)}(I_n(k_{j1}r))b_{nj}] e^{i(\xi\eta+n\theta)}.$$

Здесь $l = r, \theta, \eta$, $m = r, \theta, \eta$;

$$T_{r11}^{(1)} = k_{11}K'_n(k_{11}r), \quad T_{r21}^{(1)} = -\frac{n}{r}K_n(k_{21}r), \quad T_{r31}^{(1)} = -\xi k_{31}K'_n(k_{31}r),$$

$$T_{\theta11}^{(1)} = \frac{n}{r}K_n(k_{11}r) \cdot i, \quad T_{\theta21}^{(1)} = -k_{21}K'_n(k_{21}r) \cdot i, \quad T_{\theta31}^{(1)} = -\frac{n}{r}\xi K_n(k_{31}r) \cdot i,$$

$$T_{\eta11}^{(1)} = \xi K_n(k_{11}r) \cdot i, \quad T_{\eta21}^{(1)} = 0, \quad T_{\eta31}^{(1)} = -k_{31}^2 K_n(k_{31}r) \cdot i,$$

$$S_{rr11}^{(1)} = 2 \left(k_{11}^2 + \frac{n^2}{r^2} - \frac{\lambda_1 M_{p1}^2 \xi^2}{2\mu_1} \right) K_n(k_{11}r) - \frac{2k_{11}K'_n(k_{11}r)}{r},$$

$$S_{rr21}^{(1)} = \frac{2n}{r^2} K_n(k_{21}r) - \frac{2k_{21}K'_n(k_{21}r)}{r}, \quad S_{rr31}^{(1)} = -2\xi \left(k_{31}^2 + \frac{n^2}{r^2} \right) K_n(k_{31}r) + \frac{2\xi k_{31}K'_n(k_{31}r)}{r},$$

$$S_{\theta\theta11}^{(1)} = -2 \left(\frac{n^2}{r^2} + \frac{\lambda_1 M_{p1}^2 \xi^2}{2\mu_1} \right) K_n(k_{11}r) + \frac{2k_{11}K'_n(k_{11}r)}{r},$$

$$S_{\theta\theta21}^{(1)} = -\frac{2nK_n(k_{21}r)}{r^2} + \frac{2nk_{21}K'_n(k_{21}r)}{r}, \quad S_{\theta\theta31}^{(1)} = \frac{2\xi n^2 K_n(k_{31}r)}{r^2} - \frac{2\xi k_{31}K'_n(k_{31}r)}{r},$$

$$S_{\eta\eta11}^{(1)} = -2\xi^2 \left(\frac{1 + \lambda_1 M_{p1}^2}{2\mu_1} \right) K_n(k_{11}r), \quad S_{\eta\eta21}^{(1)} = 0, \quad S_{\eta\eta31}^{(1)} = 2m_{31}^2 \xi^3 K_n(k_{31}r),$$

$$S_{r\theta11}^{(1)} = \left(-\frac{2nK_n(k_{11}r)}{r^2} + \frac{2nk_{11}K'_n(k_{11}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{r\theta21}^{(1)} = \left(-\left(k_{21}^2 + \frac{2n^2}{r^2} \right) K_n(k_{21}r) + \frac{2k_{21}K'_n(k_{21}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{r\theta31}^{(1)} = \left(\frac{2n\xi K_n(k_{31}r)}{r^2} - \frac{2n\xi k_{31}K'_n(k_{31}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{\theta\eta 11}^{(1)} = -\frac{2n\xi K_n(k_{11}r)}{r}, \quad S_{\theta\eta 21}^{(1)} = \xi k_{21} K_n'(k_{21}r), \quad S_{\theta\eta 31}^{(1)} = \frac{n\xi^2(1+m_{31}^2)K_n(k_{31}r)}{r},$$

$$S_{r\eta 11}^{(1)} = 2\xi k_{11} K_n'(k_{11}r)i, \quad S_{r\eta 21}^{(1)} = -\frac{\xi n K_n(k_{21}r)i}{r}, \quad S_{r\eta 31}^{(1)} = -\xi^2 k_{31}(1+m_{31}^2)K_n'(k_{31}r)i;$$

$$K_n'(k_{j1}r) = \frac{dK_n(k_{j1}r)}{d(k_{j1}r)}; \quad T_{lj1}^{(2)}, \quad S_{lmj1}^{(2)} \text{ получаются из } T_{lj1}^{(1)}, \quad S_{lmj1}^{(1)} \text{ заменой } K_n \text{ на } I_n.$$

Используя соотношения для Φ_{j2} (12) получаем формулы для вычислений компонент напряженно-деформированного состояния заполнителя при $c < c_R$

$$u_{l2}^* = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 [T_{lj2}^{(1)}(K_n(k_{j2}r))a_{nj+3} + T_{lj2}^{(2)}(I_n(k_{j2}r))a_{nj+6}] e^{i(\xi\eta+n\theta)}, \tag{21}$$

$$\frac{\sigma_{lm2}^*}{\mu_2} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \sum_{j=1}^3 [S_{lmj2}^{(1)}(K_n(k_{j2}r))a_{nj+3} + S_{lmj2}^{(2)}(I_n(k_{j2}r))a_{nj+6}] e^{i(\xi\eta+n\theta)}.$$

Здесь $l = r, \theta, \eta, \quad m = r, \theta, \eta;$

$$T_{r12}^{(1)} = k_{12} K_n'(k_{12}r), \quad T_{r22}^{(1)} = -\frac{n}{r} K_n(k_{22}r), \quad T_{r32}^{(1)} = -\xi k_{32} K_n'(k_{32}r),$$

$$T_{\theta 12}^{(1)} = \frac{n}{r} K_n(k_{12}r)i, \quad T_{\theta 22}^{(1)} = -k_{22} K_n'(k_{22}r)i, \quad T_{\theta 32}^{(1)} = -\frac{n}{r} \xi K_n(k_{32}r)i,$$

$$T_{\eta 12}^{(1)} = \xi K_n(k_{12}r)i, \quad T_{\eta 22}^{(1)} = 0, \quad T_{\eta 32}^{(1)} = -k_{32}^2 K_n(k_{32}r)i,$$

$$S_{rr12}^{(1)} = 2 \left(k_{12}^2 + \frac{n^2}{r^2} - \frac{\lambda_2 M_{p2}^2 \xi^2}{2\mu_2} \right) K_n(k_{12}r) - \frac{2k_{12} K_n'(k_{12}r)}{r},$$

$$S_{rr22}^{(1)} = \frac{2n}{r^2} K_n(k_{22}r) - \frac{2k_{22} K_n'(k_{22}r)}{r}, \quad S_{rr32}^{(1)} = -2\xi \left(k_{32}^2 + \frac{n^2}{r^2} \right) K_n(k_{32}r) + \frac{2\xi k_{32} K_n'(k_{32}r)}{r},$$

$$S_{\theta\theta 12}^{(1)} = -2 \left(\frac{n^2}{r^2} + \frac{\lambda_2 M_{p2}^2 \xi^2}{2\mu_2} \right) K_n(k_{12}r) + \frac{2k_{12} K_n'(k_{12}r)}{r},$$

$$S_{\theta\theta 22}^{(1)} = -\frac{2n K_n(k_{22}r)}{r^2} + \frac{2n k_{22} K_n'(k_{22}r)}{r}, \quad S_{\theta\theta 32}^{(1)} = \frac{2\xi n^2 K_n(k_{32}r)}{r^2} - \frac{2\xi k_{32} K_n'(k_{32}r)}{r},$$

$$S_{\eta\eta 12}^{(1)} = -2\xi^2 \left(\frac{1 + \lambda_2 M_{p2}^2}{2\mu_2} \right) K_n(k_{12}r), \quad S_{\eta\eta 22}^{(1)} = 0, \quad S_{\eta\eta 32}^{(1)} = 2m_{32}^2 \xi^3 K_n(k_{32}r),$$

$$S_{r\theta 12}^{(1)} = \left(-\frac{2nK_n(k_{12}r)}{r^2} + \frac{2nk_{12}K'_n(k_{12}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{r\theta 22}^{(1)} = \left(-\left(k_{22}^2 + \frac{2n^2}{r^2} \right) K_n(k_{22}r) + \frac{2k_{22}K'_n(k_{22}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{r\theta 32}^{(1)} = \left(\frac{2n\xi K_n(k_{32}r)}{r^2} - \frac{2n\xi k_{32}K'_n(k_{32}r)}{r} \right) i,$$

$$S_{\theta\eta 12}^{(1)} = -\frac{2n\xi K_n(k_{12}r)}{r}, \quad S_{\theta\eta 22}^{(1)} = \xi k_{22}K'_n(k_{22}r), \quad S_{\theta\eta 32}^{(1)} = \frac{n\xi^2(1+m_{32}^2)K_n(k_{32}r)}{r},$$

$$S_{r\eta 12}^{(1)} = 2\xi k_{12}K'_n(k_{12}r)i, \quad S_{r\eta 22}^{(1)} = -\frac{\xi nK_n(k_{22}r)i}{r}, \quad S_{r\eta 32}^{(1)} = -\xi^2 k_{32}(1+m_{32}^2)K'_n(k_{32}r)i;$$

$$K'_n(k_{j2}r) = \frac{dK_n(k_{j2}r)}{d(k_{j2}r)}; \quad T_{lj2}^{(2)}, \quad S_{lmj2}^{(2)} \text{ получаются из } T_{lj2}^{(1)}, \quad S_{lmj2}^{(1)} \text{ заменой } K_n \text{ на } I_n.$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{1k}^2 u_{0n\eta k} + \nu_{02k} n \xi_{0k} u_{0n\theta k} - 2i \nu_{0k} \xi_{0k} u_{0nrk} &= G_{0k} (q_{n\eta k} - q_{n\eta R_k}), \\ \nu_{02k} n \xi_{0k} u_{0n\eta k} + \varepsilon_{2k}^2 u_{0n\theta k} - 2inu_{0nrk} &= G_{0k} (q_{n\theta k} - q_{n\theta R_k}), \\ 2i \nu_{0k} \xi_{0k} u_{0n\eta k} + 2inu_{0n\theta k} + \varepsilon_{3k}^2 u_{0nrk} &= G_{0k} (q_{nrk} - q_{nr R_k}), \end{aligned} \quad (22)$$

где $k = 1, 2$; $\varepsilon_{1k}^2 = \alpha_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\varepsilon_{2k}^2 = \beta_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\varepsilon_{3k}^2 = \gamma_{0k}^2 - \varepsilon_{0k}^2$, $\xi_{0k} = \xi R_k$,

$$\begin{aligned} \alpha_{0k}^2 &= 2\xi_{0k}^2 + \nu_{01k} n^2, \quad \beta_{0k}^2 = \nu_{01k} \xi_{0k}^2 + 2n^2, \quad \gamma_{0k}^2 = \chi_k^2 (\xi_{0k}^2 + n^2) + 2, \quad \varepsilon_{0k}^2 = \nu_{01k} \xi_{0k}^2 M_{s0k}^2, \\ \nu_{01k} &= 1 - \nu_{0k}, \quad \nu_{02k} = 1 + \nu_{0k}, \quad M_{s0k} = c / c_{s0k}, \quad c_{s0k} = \sqrt{\frac{\mu_{0k}}{\rho_{0k}}}, \quad \chi_k^2 = \frac{h_{0k}^2}{6R_k^2}, \quad G_{0k} = -\frac{\nu_{01k} R_k^2}{\mu_{0k} h_{0k}}; \end{aligned}$$

$$q_{nj1} = (\sigma_{rj2}^*) \Big|_{r=R_1}, \quad q_{jR_1} = (\sigma_{rj1}^*) \Big|_{r=R_1}, \quad q_{nj2} = P_{nj}(\theta, \eta), \quad q_{jR_2} = (\sigma_{rj2}^*) \Big|_{r=R_2}, \quad j = \eta, \theta, r.$$

Разрешая (22) относительно $u_{0n\eta k}$, $u_{0n\theta k}$, u_{0nrk} находим

$$\begin{aligned} u_{0n\eta k} &= \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{\eta jk} (q_{nj k} - q_{nj R_k}), \\ u_{0n\theta k} &= \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{\theta jk} (q_{nj k} - q_{nj R_k}), \\ u_{0nrk} &= \frac{G_{0k}}{\delta_{nk}} \sum_{j=1}^3 \delta_{rjk} (q_{nj k} - q_{nj R_k}). \end{aligned} \quad (23)$$

Здесь $\delta_{nk} = \delta_{|n|k} = (\varepsilon_{1k}\varepsilon_{2k}\varepsilon_{3k})^2 - (\varepsilon_{1k}\xi_{1k})^2 - (\varepsilon_{2k}\xi_{2k})^2 - (\varepsilon_{3k}\xi_{3k})^2 + 2\xi_{1k}\xi_{2k}\xi_{3k}$,

$$\delta_{\eta 1k} = (\varepsilon_{2k}\varepsilon_{3k})^2 - \xi_{1k}^2, \quad \delta_{\eta 2k} = \xi_{1k}\xi_{2k} - \xi_{3k}\varepsilon_{3k}^2, \quad \delta_{\eta 3k} = i(\varepsilon_{2k}^2\xi_{2k} - \xi_{1k}\xi_{3k}),$$

$$\delta_{\theta 1k} = \delta_{\eta 2k}, \quad \delta_{\theta 2k} = (\varepsilon_{1k}\varepsilon_{3k})^2 - \xi_{2k}^2, \quad \delta_{\theta 3k} = i(\varepsilon_{1k}^2\xi_{1k} - \xi_{2k}\xi_{3k}),$$

$$\delta_{r 1k} = -\delta_{\eta 3k}, \quad \delta_{r 2k} = -\delta_{\theta 3k}, \quad \delta_{r 3k} = (\varepsilon_{1k}\varepsilon_{2k})^2 - \xi_{3k}^2,$$

$$\xi_{1k} = 2n, \quad \xi_{2k} = 2v_{0k}\xi_{0k}, \quad \xi_{3k} = v_{02k}\xi_{0k}n,$$

для $q_{\eta jk}$ и $q_{\theta jk}$ индекс $j = 1$ соответствует индексу η , $j = 2 - \theta$, $j = 3 - r$.

Для определения коэффициентов a_{n1}, \dots, a_{n9} воспользуемся, в зависимости от условия сопряжения оболочки со средой, переписанными для u_k^* ($l = r, \theta, \eta$) и $\sigma_{r\eta 1}^*$, $\sigma_{r\theta 1}^*$ граничными условиями (4) или (5), с учётом (8), (10), (20), (21), (23). Приравнявая коэффициенты рядов при $e^{n\theta}$, получим бесконечную систему ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) линейных алгебраических уравнений, для решения которой можно использовать метод редукции или более удобный для решения поставленной задачи метод последовательных отражений [5], позволяющий при каждом последовательном отражении решать систему линейных уравнений блочно-диагонального вида с матрицами размером 9×9 определителями $\Delta_n(\xi, c)$ вдоль главной диагонали. После определения коэффициентов, компоненты НДС массива и заполнителя можно вычислить по формулам (20), (21).

Зная решение задачи для синусоидальной нагрузки, реакцию оболочки и окружающей её среды на движущуюся с постоянной скоростью апериодическую (локальную) нагрузку вида $P(\theta, \xi) = p(\theta)p(\eta)$ (характерного для транспортных средств) можно найти при помощи суперпозиции, используя представление нагрузки и компонент НДС массива и заполнителя в виде интегралов Фурье

$$P(\theta, \eta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P^*(\theta, \xi) e^{i\xi\eta} d\xi = p(\theta)p(\eta) = p(\theta) \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} p^*(\xi) e^{i\xi\eta} d\xi,$$

$$P_m(\theta, \eta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} P_m^*(\theta, \xi) e^{i\xi\eta} d\xi = p_m(\theta)p(\eta) = p_m(\theta) \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} p^*(\xi) e^{i\xi\eta} d\xi,$$

$$m = r, \theta, \eta;$$

$$u_{lk}(r, \theta, \eta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} u_{lk}^*(r, \theta, \xi) p^*(\xi) d\xi, \quad \sigma_{lmk}(r, \theta, \eta) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \sigma_{lmk}^*(r, \theta, \xi) p^*(\xi) d\xi. \quad (24)$$

$$l = r, \theta, \eta, \quad m = r, \theta, \eta, \quad k = 1, 2.$$

Здесь $p^*(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} p(\eta) e^{-i\xi\eta} d\eta$.

Для вычислений перемещений и напряжений (24) можно использовать любой численный метод интегрирования, если определители $\Delta_n(\xi, c)$ ($n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$) разрешающей системы линейных алгебраических уравнений отличны от нуля, т. е. когда скорость движения нагрузки c меньше её критических скоростей $c_{(n)*}$, которые могут оказаться меньше, чем скорость волны Рэлея в массиве. Значения $c_{(n)*}$ зависят от числа n и определяются из дисперсионных уравнений $\Delta_n(\xi, c) = 0$ как минимумы соответствующих этим уравнениям дисперсионных кривых $c \sim \xi$. Причём, минимальная критическая скорость, как показывают расчёты, имеет место при $n = 0$ ($\min c_{(n)*} = c_{(0)*}$) [4].

ВЫВОДЫ

В строгой математической постановке получено аналитическое решение задачи о действии подвижной нагрузки на трехслойную оболочку в упругом полупространстве. Решение получено для докритических скоростей движения нагрузки. Разработанную методику расчета рекомендуется использовать для динамического расчета подкрепленных трехслойными обделками тоннелей мелкого заложения при действии транспортных нагрузок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Пожуев, В. И.** Действие подвижной нагрузки на цилиндрическую оболочку в упругой среде // Строительная механика и расчет сооружений. – 1978. – № 1. – С. 44–48.
- 2 **Ержанов, Ж. С., Айталиев, Ш. М., Алексеева, Л. А.** Динамика тоннелей и подземных трубопроводов. – Алма-Ата : Наука, 1989. – 240 с.
- 3 **Гирнис, С. Р.** Математическое моделирование динамики подкрепленных двухслойными оболочками тоннелей при действии транспортных нагрузок. – Павлодар: Кереку, 2018. – 116 с.
- 4 **Alekseyeva, L. A.** Dynamics of an elastic half-space with a reinforced cylindrical cavity under moving loads // International Applied Mechanics. – 2009. – Vol. 45. – № 9. – P. 75–85.
- 5 **Украинец, В. Н.** Динамика тоннелей и трубопроводов мелкого заложения под воздействием подвижных нагрузок. – Павлодар : НИЦ ПГУ, 2006. – 123 с.

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Украинец Виталий Николаевич

т.ғ.д., профессор, «Сәулет және дизайн» кафедрасы,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: vitnikukr@mail.ru

Гирнис Светлана Римонтасовна

т.ғ.к., қауымд. профессор,
«Өнеркәсіптік, азаматтық және көлік құрылысы» кафедрасы,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: girnis@mail.ru
Материал баспаға 02.03.20 түсті.

Жылжымалы жүктеме әрекетінен серпімді жартылай кеңістікте орналасқан үш қабатты қабықшаның динамикасы

Серпімді жартылай кеңістікте орналасқан үш қабатты қабықшаға жылжымалы жүктемесінің әрекеті туралы есебі шешілген. Қабықшаның сыртқы қабаттарының тербелісі жұқа қабықша теориясының классикалық теңдеулермен қарастырылды, ал ішкі қабықшаның қабаты мен жартылай кеңістіктің қозғалысын сипаттау үшін Ламе потенциалдардағы серпімді теорияның динамикалық теңдеулері қолданылды. Бастапқыда айналма бағытта еркін жылжымалы жүктемесі қабықша осі бойынша синусоидалы деп саналады. Тапсырманы шешу үшін айнымалылардың толық бөлінбеу әдісі ұсынылды. Содан кейін алынған шешім мерзімділігі жоқ, бірақ Фурье интегралы түрінде ұсынылған жылжымалы жүктеменің қабықшасына әсері туралы тапсырманы шешу үшін қолданылады. Шешім жүктеме қозғалысының жылдамдығы оның сыни жылдамдығынан аз болған жағдайда алынды. Бұл есеп үш қабат қаптамасымен күшейтілген таяз орналасқан тоннельде көліктің жүктемесі (тоннельдің ішінде жылжымалы көлігінің жүктемесі) әсер еткенде динамикасын математикалық модельдейді.

Кілтті сөздер: серпімді жартылай кеңістігі, үшқабат қабықша, жылжымалы жүктеме, тоннель, кернеу-деформациялық күйі.

Ukrainets Vitaliy Nikolaevich

Doctor of Technical Sciences, professor,
Department of «Architecture and Design»,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: vitnikukr@mail.ru

Girnis Svetlana Rimontasovna

Candidate of Technical Sciences, associate Professor,
Department of «Industrial, Civil and Transport Construction»,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: girnis@mail.ru

Material received on 02.03.20.

Dynamics of a three-layer shell in an elastic half-space under the influence of mobile load

The problem of action of movable load on three-layer shell in elastic half-space is solved. The dynamic equations of the theory of elasticity in Lamé potentials are used to describe the motion of the half-space and the inner layer of the shell. Fluctuations of the outer layers of the shell are described by the classical equations of the theory of thin shells. Initially, a randomly

running circumferential load is assumed sinusoidal along the axis of the shell. The method of incomplete separation of variables is proposed to solve the problem. Then, the obtained solution is used to solve the problem of the action of a moving load on the shell, which does not have periodicity, but can be represented as a Fourier integral. The solution is obtained for the case when the speed of the load is less than its critical speeds. This article provides a solution to the problem by mathematically modeling the dynamics supported by a three-layer lining of a shallow tunnel under the action of a transport load (the load from moving in-tunnel vehicles).

Keywords: elastic half-space, three-layered shell, moving load, tunnel, tense-deformed condition.

FTAMP 73.31.41

Балгабеков Толеу Кунжолович

т.ғ.к., доцент, меңгеруші, «Көліктік техника және технологиялары» кафедрасы,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы,
e-mail: tdi_kstu@mail.ru

Есентаев С. Д.

магистрант, «Көліктік техника және технологиялары» кафедрасы,
С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
Нұр-Сұлтан қ., 010000, Қазақстан Республикасы,
e-mail: yessentayev.s@mail.ru

**АВТОМОБИЛЬГЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ
САЛАСЫНДАҒЫ НЕГІЗГІ МӘСЕЛелЕРДІ ЗЕРТТЕУ МӘСЕЛЕСІ**

Заң жобаларының негізгі міндеті – өндірісті жаңғырту үшін ынталандыру жүйесін құру, табиғи кешендерге әсерін азайту, шығарылатын өнімдер мен қызметтердің энергия сыйымдылығын төмендету. Мұндай жағдайда автомобиль көлік құралдарына техникалық қызмет көрсету және жөндеу бойынша қызметтердің жоғары сапасын қамтамасыз ете алатын ғана емес, сондай-ақ әлемдік стандарттарға сәйкес келетін экологиялық және өндірістік қауіпсіздік талаптарының орындалуын қамтамасыз ете алатын, бақылаушы органдарға осы сәйкестікті растауға қабілетті болатын автомобильдік техникалық қызмет көрсету кәсіпорындары артықшылық алады. Қазіргі уақытта осы міндеттерді шешу бағыттарының бірі басқарудың интеграцияланған басқару жүйелерін құру болып табылады.

Кілтті сөздер: автомобиль, автокөлік кәсіпорны, автомобиль көлігі, автомобиль көлік құралы, автомобильдің конструктивтік элементтері, автомобильдің техникалық жағдайы, автомобиль жұмысының істен шығуы.

КІРІСПЕ

Автомобильдік техникалық қызмет көрсету қызметтерінің нарығы (АТҚ) қазіргі уақытта мынадай ерекшеліктерге тән экономикалық жағдайды көрсетеді: Ұлттық нарықтар арасындағы айырмашылықтарды өшіру, инвестициялардың, технологиялар мен тауарлардың шетелдік нарықтарға кеңінен енуі. Қазақстанның Дүние жүзілік сауда ұйымына (ДСҰ) кіруі, экономиканың жаңа жағдайларға көшуі, нарық жағдайында бәсекелестік орта АТҚ кәсіпорындарының басшыларына сапа, қоршаған ортаны қорғау, кәсіби қауіпсіздік және еңбекті қорғау мәселелеріне көбірек көңіл бөлуге міндеттейді. Сонымен қатар, тек клиенттердің ғана емес, сонымен қатар АТҚ кәсіпорындары қызметкерлерінің де талаптары өзгереді, табиғатты қорғау заңнамасы мен еңбекті қорғау саласындағы талаптар өседі.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Автомобильдің техникалық жағдайын өзгерту. Орта класты қазіргі заманғы автомобиль 15–25 мың бөлшектен тұрады, олардың 7 мыңнан 9 мыңға дейінгі бөлігі жұмыс кезінде өзінің бастапқы қасиеттерін жоғалтады, оның 3,5 мыңға жуық бөлшегі автомобильге қарағанда қызмет ету мерзімі аз және пайдалану

кезінде ерекше назар аударылатын объект болып табылады. Олардың ішінде 200-ден 400-ге дейінгі «критикалық» бөлшектер, олар басқаларды жиі ауыстыруды талап етеді, автомобильдердің неғұрлым қарапайым пайдалануда Еңбек және материалдық шығындарды тудырады. Қазіргі заманғы автомобильдер шамамен 3 % қосалқы бөлшектердің номенклатурасы тұтынылатын қосалқы бөлшектердің жалпы құнының 40-тан 50 %-ға дейін; 9 %-ға-80-нен 90 %-ға дейін және 25 %-ға-95-тен 98 %-ға дейін келеді.

Бұл факт автомобильдердің және олардың құрамдас бөліктерінің техникалық жағдайы туралы объективті ақпарат алуға бағытталған АТК-да ұйымдастырушылық-техникалық іс-шараларды әзірлеу қажеттілігін растайды. Төменде 1-кестеде автомобильдің конструктивтік элементтерінің атауы, олардың автомобильдегі саны және олардың техникалық жағдайын сипаттайтын конструктивтік параметрлері келтірілген.

Агрегаттар мен құрамдас бөліктердің техникалық жай-күйінің өзгеруі механизмдердің жұмысына байланысты тұрақты әсерететін себептердің, кездейсоқ себептердің, сондай-ақ автомобиль жұмыс істейтін немесе сақталатын сыртқы жағдайлардың әсерінен болады. Кездейсоқ себептер нормативтік-техникалық құжаттаманың ережелері мен нормаларының бұзылуына байланысты (рұқсат етілген шектерден асып түсетін конструкцияның жасырын ақаулары мен артық жүктемелері және т.б.).

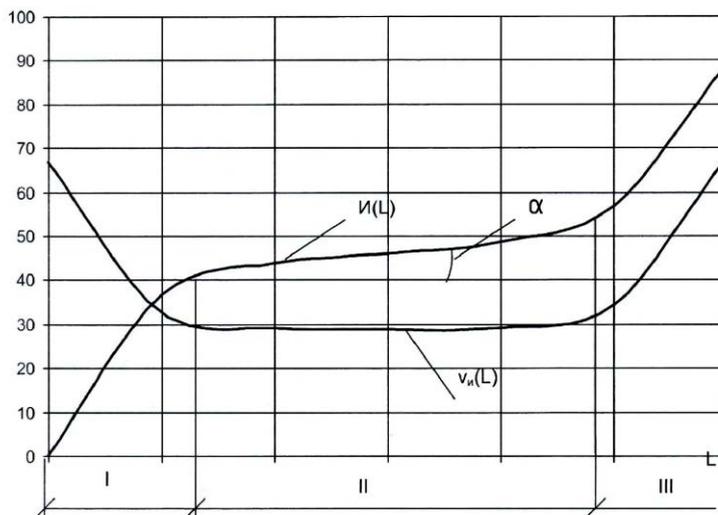
Кесте 1 – Құрылымдық элементтер және олардың параметрлері

Автомобильдің конструктивтік элементі	Саны	Конструктивтік параметр
Агрегат, жүйе	15-тен 20-ға дейін	Кинематикалық схема; қозғалудәрежесі; құрылымдық формула; қосылыс, беріліс, тіректер және нығыздау түрлері және т.б.
Түйін, механизм	70-тен 90-ға дейін	Бөлшектер мен тораптардың өзараорналасуы; қосқыш өлшемдер, саңылаулар, люфттар, жүріс т. б.
Деталь	15 000-нан 25 000-ға дейін	Өлшем және конфигурация; материалдың түрі, беріктігі; бетті өңдеудің сапасы мен дәлдігі; өзара әрекет тесу және өзара жылжу сипаты; электрлік, гидравликалық кедергі және т.б.

Тозу процесінің өту заңдылығына байланысты біртіндеп және кенеттеністен шығулар болып бөлінеді [1, 2]. Біртіндеп бас тарту-күй параметрін номиналды мәннен шекті мәнге дейін баяу біртіндеп өзгерту. Кенеттен бас тарту-шекте мәнге дейін күй параметрінің секіруі тәрізді өзгеруі. Істеншығулар I, II, III топтағы күрделі түрлері. Топ неғұрлым жоғары болған сайын көп уақыт, материалдық құралдар және оны жоюға еңбек шығындары қажет болады. Бөлшектің тозу шамасы бүкіл жүрісінде ұлғаяды (L, мың. Бірақ тозудың қарқындылығы (vИ, мм/1000 км), жұмыстың әртүрлі кезеңдерінде әртүрлі болады (1-сурет).

Құрастырғаннан кейін бөлшектерді дайындау кезінде пайда болған микро түзу емес шығың қылар бойынша түйіседі. Шақтамалар шегіндегі бөлшектердің

өлшемдері ауытқулар болады, бұл бөлшектердің ауытқуы – сопылық, конустылық, тығыздық және т.б. макро түзу емес жағдайларға әкеледі.



- v_w – тозу қарқындылығы, мм/1000 км; I – тозу, мм;
- $v_w(L)$ – бөлшектердің тозу қарқындылығының атқарымдардан тәуелділігі;
- $I(L)$ – бөлшектердің тозуының атқарымдардан тәуелділігі;
- III – бөлшектердің шекті тозуының шамасы;
- α – бөлшектердің тозу қарқындылығы шамасының өзгеруін сипаттайтын бұрыш;
- I – бөлшектердің тозуының төмендейтін кезеңі (жұмыс істеу кезеңі);
- II – бөлшектердің белгіленген тозуының кезеңі (кепілді пайдалану кезеңі);
- III – бөлшектердің ұлғаю (авариялық) тозуының кезеңі (пост кезеңі); кепілдік пайдалану).

Сурет 1 – бөлшектердің тозу және тозу қарқындылығының автомобильдің жүрісіне тәуелділігі

Бастапқы кезеңде үйкелетін бөлшектердің жанасуының нақты ауданы аз, сондықтан олардың жұмысы жүреді (сурет 1, I). Өндеу-үйкеліс беттерінің геометриясын және үйкеліс беттерінің физикалық-механикалық қасиеттерін бастапқы кезеңде өзгерту процесі. Әдетте жұмыс үйкеліс, температура және тозу қарқындылығы жұмысының азаюы сияқты тұрақты сыртқы жағдайларда көрінеді. Жұмыстық тозуды азайтуға арнайы пайдалану материалдарын (майлар, тұнбалар) қолдана отырып және оларды тозу өнімдерінен күшейтілген тазарта отырып, жеңіл жүктеме және жылдамдық режимдерінде бөлшектердің жұмысымен қол жеткізіледі. Бөлшектердің жұмыс істеуі кезеңінде (1-ден 5 мың км-ге дейін) автомобильді сынау режимін белгілейді. Белгіленген тозу кезеңі (1 сурет, II) $v_w(L) = \text{const}$ тұрақты қарқындылығымен сипатталады. Бұл кезең жұмыс процесінің тұрақтылығымен сипатталады, онда кернеудің біртіндеп жиналуы

және бөлшектердің өлшемдері мен пішінінің өзгеруі болады. Кезеңнің ұзақтығы әр түрлі бөлшектер үшін 60-тан 500 мың км-ге дейін автомобиль жүрісін құрайды.

Пайдалану процесінде жұмыс беттерінің тозуы бөлшектердің жанасуындағы саңылауларды ұлғайтады, бұл майлау жағдайларының нашарлауына, динамикалық, соққы жүктемелерінің артуына; арнайы өңделген тозуға төзімді беттік қабаттардың бұзылуына әкеп соғады. Нәтижесінде тозу қарқындылығы жоғарылайды, бұл авариялық тозу кезеңіне әкеледі (сурет 1, II). Бөлшектің толық бұзылуын және барлық жанасуды болдырмау мақсатында (әсіресе автомобильдер қозғалысының қауіпсіздігін қамтамасыз ететін бөлшектер үшін) осы кезеңнің басындағы бөлшектің шекті жай-күйіне сәйкес келетін ЖОБ-ның шекті тозуының шамасын белгілейді. Жұмыс қабілеттілігі мен техникалық жай-күйінің өзгеруінің негізгі себептерін білу автомобиль конструкциясын жетілдіру үшін де, пайдаланудағы істен шығулар мен ақаулықтардың алдын алу бойынша ең тиімді іс-шараларды таңдау үшін де маңызды.

АТҚ кәсіпорындарында басқарудың интеграцияланған жүйесін (ИБЖ) енгізу. АТҚ кәсіпорындарында ИБЖ енгізу кәсіпорын қызметін басқару, жоспарлау және бақылау процесін сапалы жақсартуға мүмкіндік береді, кәсіпорын қызметінің нәтижелері туралы Батыс серіктестері мен әлеуетті инвесторларға тиісті ұсынуды қамтамасыз етеді. Бұл әсіресе Қазақстанның ДСҰ-ға кіруі аясында өзекті. АТҚ-ның шағын және орта кәсіпорындары АЖҚ-ны осындай еңбекті қажетсінетін тәсілмен әзірлей алмайды. Алайда, АБЖ құру бойынша жұмыс АТҚ кәсіпорындарында экономикалық тиімділікті қамтамасыз етуі мүмкін екені анық.

Қазіргі уақытта барлық кәсіпорын қызметінің тиімділігін арттыру мақсатында отандық кәсіпорындарда басқару жүйелерін жетілдіру мәселесі ерекше өзектілікке ие болды. Кәсіпорынды басқару жүйесі қатып қалған құрылым емес, ол үнемі өзгереді. Бүгінде отандық кәсіпорындарда басқару жүйелерін жетілдіру проблемаларын шешуде екі бағыт белгіленді. Бірінші бағыт кәсіпорындарда енгізілген сапаны басқару жүйелерін жетілдіру болып табылады, екінші бағыт кәсіпорынды басқарудың әр түрлі салаларын (сапаны басқару, экологиялық және өндірістік қауіпсіздікті басқару және т.б.) біртұтас тұтас біріктіретін басқарудың интеграцияланған жүйелерін (ИБЖ) құрумен байланысты [3, 4].

Кәсіпорында басқарудың барынша интеграцияланған жүйесін құрудың мақсатқа сай болуы, себебі [5]:

– Интеграцияланған жүйе ұйым ішіндегі іс-әрекеттердің үлкен келісімділігін қамтамасыз етеді, осылайша синергетикалық әсерді күшейтеді, ол келісілген іс-әрекеттердің жалпы нәтижесі жеке нәтижелердің қарапайым сомасына қарағанда жоғары;

– Интеграцияланған жүйе менеджменттің автономды жүйесін әзірлеу кезінде пайда болатын ұйымдағы функционалдық бытыраңқылықты азайтады;

– Интеграцияланған жүйені құру, әдетте, бірнеше параллель жүйелерден әлдеқайда аз еңбекті қажет етеді;

– Интеграцияланған жүйедегі ішкі және сыртқы байланыстардың саны бірнеше жүйелердегі осы байланыстардың жиынтық санына қарағанда аз;

интеграцияланған жүйедегі құжаттардың көлемі бірнеше параллель жүйелердегі құжаттардың жиынтық көлеміне қарағанда едәуір аз;

– Біріктірілген жүйеде қызметкерлердің ұйым қызметін жақсартуға тартылуының жоғары дәрежесіне қол жеткізіледі;

– Интеграцияланған жүйенің ұйымның сыртқы жақтары мүдделерінің тепе-теңдігін есепке алу қабілеті параллель жүйелер болған жағдайда қарағанда жоғары.

Интеграцияланған басқару жүйелерін үш түрге бөлуге болады [6–8]:

1 Сапа, экологиялық қауіпсіздік және персоналдың тиімді және қауіпсіз жұмыс істеу жағдайларын қамтамасыз ету жөніндегі халықаралық стандарттар базасында жұмыс істейтін баж. Мұндай БАЖ-дың артықшылығы отандық кәсіпорындардың базалық стандарттарды қолданудағы айтарлықтай жинақталған тәжірибесі және олардың бүкіл кәсіпорынның тиімді қызметін қамтамасыз ету проблемаларын қамтуы болып табылады. Қазіргі уақытта осы жүйелер бойынша отандық сертификаттау жүйесі құрылуда. Алайда мұндай жүйелерде қауіпсіздік пен бәсекеге қабілеттілік бойынша талаптардың қажетті теңгерімін қамтамасыз ету проблемасы туындайды.

2 Мысалы, CALS – TQхноjiornPs тиісті ақпараттық технологияларды «жасақтау» пайдаланумен интеграцияланатын АЖУ. өнімнің өмірлік циклін ақпараттық сүйемелдеу.

3 Мұндай жүйелердегі тәуекел-менеджмент, білім менеджменті және т.б. сияқты ИБЖ интеграцияның негізі – үдерістер туралы талаптарға сәйкессіздік тәуекелі туралы немесе білім экономикасы туралы ақпарат түрінде өмірлік цикл процестерін ұсыну.

ИБЖ қағидаттарына жауап беретін және кәсіпорынның талаптарына сәйкес келетін кез келген жүйе басқару жүйелерін интеграциялаудың негізі бола алады деп көрсетіледі [9]: СУ сапасымен құрылған жағдайда (сапа менеджменті жүйесі – СМЖ, 2-кесте) мақсаты өнімдер мен қызметтердің сапасына қойылатын талаптарды, бірінші кезекте тұтынушының талаптарын қанағаттандыру болып табылады.

Пайдалану процесінде автомобильдердің техникалық жай-күйіне ішкі және сыртқы факторлар әсер етеді. Ішкі факторларға автомобильдің, оның агрегаттарының, жүйелерінің, тораптарының, механизмдері мен бөлшектерінің жұмысы кезінде болатын процестер; жүргізушілердің біліктілігі; қызмет көрсетуші және жөндеуші персоналдың біліктілігі; ТҚК және т. б. үшін пайдаланылатын технологиялық процестер, ал сыртқы факторларға – табиғи-климаттық; жол жағдайлары және т. б. жатады. Егер ішкі факторларды қандай да бір әсер ету жолымен (техникалық, технологиялық, ұйымдастырушылық және т.б.) басқару мүмкін болса, онда сыртқы факторларға тек сол немесе басқа жағдайға негізделген көзқарас жолымен бейімдеуге болады.

Кесте 2 – Менеджмент жүйелерін интеграциялаудың тұжырымдамалық моделі

№ р/с	Жүйе элементтері	Интеграция кезеңдері
1	Саясат және жоспарлау	– Басымдықтарды және олардың өзара байланысын анықтау; – Жүйе элементтері арасында бар байланыстарды шығару; – Мүдделі тараптардың талаптары мен күтулерін белгілеу; – Саясат әзірлеу және мақсаттар қою; – Менеджмент бағдарламасын әзірлеу (оның ішінде нәтижелілік көрсеткіштерінің жүйесі);
2	Ақпараттық қамтамасыз ету	– Ресурстарды бөлу; – Ақпарат қажеттілікті анықтау; – Нәтижелілік мониторингін анықтау; – Баж құжаттамасына қойылатын талаптарды белгілеу;
3	Жетілдіру	– Ішкі және сыртқы коммуникацияларға қойылатын талаптарды анықтау.
4	Бағалау және түзету	– Баж нәтижелілігін жетілдіру бағыттары мен мүмкіндіктерін анықтау
5	Персоналдың қатысуы	– Жүйені бағалау тәртібін анықтау және оның нәтижелілігі мен тиімділігін талдау – Қызметкерлерді ынталандыру және ынталандыру жүйесін дамыту; – Құзыреттілік саласының дайындық деңгейіне (кұзыреттілік) сәйкестігін қамтамасыз ету); – Міндет қою жауапкершілікті бөлу;– Қажетті ресурстарды (оның ішінде персоналдың уақытын) бөлу және шаралар қабылдауды уақтылы қамтамасыз ету.

Автомобильдің, оның агрегаттары мен механизмдерінің техникалық жай-күйінің өзгеруінің тұрақты әрекет ететін негізгі себептері: тозу, пластикалық деформациялар және шаршанқы бұзылулар, коррозия, материалдар мен бөлшектердің физикалық-химиялық және температуралық өзгерістері болып табылады.

Қоршаған ортаны қорғауды басқару жүйесін (ҚОҚБЖ) құрған жағдайда, мақсаты қоғамның экологиялық қауіпсіздікке қойылатын талаптарын қанағаттандыру болыпта былады.

Кәсіби денсаулық пен қауіпсіздікті басқару жүйесін (КБАЖ) құрған жағдайда, мақсаты бірнеше мүдделі тараптардың – қоғамның және персоналдың еңбек қауіпсіздігіне қойылатын талаптарын қанағаттандыру болып табылады.

Ақпараттық технологияларды дамыту базасында құрудың интеграциялық процесіне бағдарланған баж (2-кесте): құрудың әзірленген тұжырымдамасына мыналар кіреді:

– функционалдық топ тарапынан жүйеге қойылатын негізгі талаптардың сипаттамасы кәсіпорын бөлімшелерінің;

– перспективалық нұсқаларды, сондай-ақаралас жүйелердің өзара іс-қимылының жалпы принциптерін қоса алғанда, қолданыстағы шешімдердің сипаттамасы;

– қолданыстағы автономды жүйелерді пайдалануға байланысты қолданыстағы жүйелердің сипаттамасы.

АТК-да ИБЖ құрудың мақсаттылығы кәсіпорында қызмет көрсету және технологиялық процестердің ерекшеліктері мен түсіндіріледі (3-кестені қараңыз). АТКИБЖ кәсіпорынның жалпы менеджмент жүйесінің бір бөлігі болып табылады,

өйткені ол қаржы менеджментін, Тәуекел менеджменті және т. б. қозғамайды [10, 11]:

- Сапаны басқару жүйесі;
- Қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару жүйесі;
- Кәсіби денсаулық және қауіпсіздік саласындағы басқару жүйесі.

Кесте 3– ИБЖ құруға әсерететін АТК қызмет көрсету және технологиялық процестерінің ерекшеліктері

№ р/с	АТП ерекшеліктері	Баж құру шарттары
1	Көпбейінді қызмет көрсету	АТО қызметтерінің көп салалы номенклатурасы және баж қолданудың кеңсаласы
2	Кәсіпорын құрылымының аз тармақтылығы	Көп емес бөлімшелердегі кәсіпорын функцияларының интегралдануы
3	Технологиялық процестің күрделі құрылымы	Технологиялық операциялардың басқарушы және қамтамасыз ету процестерімен байланыстарының тармақтылығы
4	Қызметкерлер саны 60 адам	Басқарушылық персоналдың шектеулі саны, қызметкерлердің бірнеше функцияларды қоса атқаруы
5	Қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың болуы	Персоналдың жұмысы үшін қауіпті және зиянды өндірістік факторларды, тәуекелдің жоғары деңгейін қамтитын учаскелер
6	Қызмет нәтижесінде қоршаған ортаға техногендік және табиғи әсердің болуы	Қоршаған табиғи ортаға әсері: атмосфераға зиянды заттардың, мұнай өнімдерінің, өндірістік-нөсерлік суға өлшенген заттардың шығарындылары, қалалық қоқыс төгетін жерге шығарылатын қатты қалдықтардың болуы

АТК БЖ құрудың маңызды қағидаттары қызмет сапасын, тұтынушылардың қанағаттануын, «КАМАЗ»автокөліктерін жөндеу және ТҚК процестерінің қауіпсіздігі мен экологиялығын арттыруға бағытталған өзара байланысты процестер жүйесіне кәсіпорын қызметінің барлық түрлерін біріктіруге мүмкіндік беретін жүйелі және үдерістік тәсілдер болып табылады. Жобаны іске асыру ұзақ мерзімді перспективада қызмет көрсетуден түскен табыстарды арттыру, қызмет көрсету өнімділігі мен сапасын арттыру, қызмет көрсету кезінде шығындарды үнемдеу есебінен тікелей пайда түрінде қалыптасады.

ҚОРЫТЫНДЫ

1 Жүйе моделінің графикалық көрінісін пайдалана отырып, АТС жөндеу және ТҚК қамтамасыз ету бойынша АТҚК БЖ сәйкестендірілген процестерінің өзара байланысын зерттеу зерттелді. Бұл әдіс жүйедегі «үзілулерді» және «ілінетін» процестерді анықтауға, басқару тізбегіндегі кері байланыстары бар контурларды анықтауға, жүйенің «түйінді» процестерін анықтауға мүмкіндік береді. Осы зерттеулер негізінде функционалдық толықтықтың талаптарын қанағаттандыратын АТҚК ИБЖ процесс моделі әзірленді.

2 Әзірленген әдістеме әзірлеудің еңбек сыйымдылығын төмендету, сертификаттау бойынша жұмыстардың құнын төмендету, сапаны басқару жүйесін әзірлеуге, сертификаттауға және инспекциялық бақылауға арналған жиынтық

шығындармен салыстырғанда АТҚК БЖ инспекциялық бақылауды жүргізу құнын төмендету есебінен экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді.

3 АТҚК БЖ компьютерлендіру мәселелерін талдау кезінде АТҚК БЖ процесі бойынша ақпаратты жүйелендірілген өңдеу есептерін шешу жолдары жүйесі анықталды («АТҚК БЖ ақпараттық қамтамасыз ету тұжырымдамасы»). АТҚК БЖ үдерістерін ақпараттық қамтамасыз етуді орындауға және қамтуға тиіс үдерістер туралы функциялар мен біріктірілген деректер анықталды. ISO 9001, ИСБ 14001, МС 12.0.230 талаптарына сәйкес үдерістер, құжаттама, жазбалар және ішкі аудит туралы деректерді компьютерлік қалыптастыру және жүргізу АТҚК кәсіпорындары үшін жаңа міндет болып табылады және тиісті бағдарламалық қамтамасыз етуді қолдануды талап етеді. Бұл міндетті шешу АТҚК БЖ ақпараттық қамтамасыз етудің жекелеген функцияларын компьютерлендіруді іске асыратын мамандандырылған бағдарламалық құралдарды біріктірумен жүзеге асырылуы мүмкін екендігі анықталды.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Поляков, Ю. А.** Перспективы развития сервиса автотранспорта в столице и Подмоскovie / Ю. А. Поляков // Автотранспортное предприятие. – 2007. – № 11. – С. 34–41.

2 **Ныгыманов, А. Л., Усембаева, З. А., Жанайдаров, Ж. К., Имангазинова, Д. Б.** Актуальные проблемы и тенденции развития рынка транспортно-логистических услуг в Казахстане // Наука и техника Казахстана. – 2015. – № 3–4. – С. 75–79.

3 **Кузнецов, Е. С.** Техническая эксплуатация автомобилей / Под ред. Е. С. Кузнецова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 2009. – 413 с.

4 **Усембаева, Л. К., Оспанов, А. Ж., Кайролла, Б. К.** К вопросу повышения эффективности эксплуатации грузовых автомобилей // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 4. – С. 102–108.

5 **Панкина, Г. В.** Классификация и область применения интегрированных систем менеджмента / Г. В. Панкина // Компетентность. – 2010. – № 4. – С. 75–76.

6 **Волгин, В. В.** Автосервис : Создание и сертификация : Практическое пособие. 3-е изд. / В. В. Волгин – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и КО», 2006. – 620 с.

7 **Грибут, И. Э.** Автосервис : Станции технического обслуживания : Учебник / под ред. В.С. Шуплякова, Ю.П. Свириденко. – М. : Альфа; – М. : ИНФРА-М, 2008. – 480 с.

8 **Кызылбаева Э. Ж., Омарова А. М.** Экспертные системы в автотранспортных предприятиях // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 4. – С.

9 **Арефьев, Е. В., Блинков, Г. В., Орлов, Д. Ю., Орлов, Ю. А.** Автоматизированная информационная система менеджмента охраны труда // Программа для ЭВМ № 2011616550. – опублик. 22.08.2011 г.

10 **Арефьев, Е. В., Блинков, Г. В., Орлов, Д. Ю., Орлов, Ю. А.** Автоматизированная система управления охраной труда // Программа для ЭВМ № 2011614182. – опубли. 27.05.2011 г.

11 **Сергеев, А. Г.** Программный комплекс для систем менеджмента качества предприятий автотехобслуживания. А.Г. Сергеев, А.А. Сушев. Автотранспортное предприятие. – 2008. – №7. – С. 29–31.

Материал баспаға 02.03.20 түсті.

Балгабеков Толеу Кунжолович

к.т.н., доцент, зав.кафедрой «Транспортная техника и технологии», Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина, Республика Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, e-mail: tdi_kstu@mail.ru

Есентаев С. Д.

магистрант, кафедра «Транспортная техника и технологии», Казахский агротехнический университет им.ЕНИ С. Сейфуллина, Республика Казахстан, 010000, г. Нур-Султан, e-mail: yessentayev.s@mail.ru

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

**Вопросы изучения основных проблем в сфере
технического обслуживания автомобилей**

Основная задача законопроектов – создание системы стимулирования для модернизации производства, снижение влияния на природные комплексы, снижение энергоёмкости выпускаемой продукции и услуг. В этом случае предпочтение получают предприятия автомобильного технического обслуживания, которые не только могут обеспечить высокое качество услуг по техническому обслуживанию и ремонту автомобильных транспортных средств, но и могут обеспечить выполнение требований экологической и производственной безопасности, соответствующих мировым стандартам, способные контролирующим органам подтвердить это соответствие. В настоящее время одним из направлений решения этих задач является создание интегрированных систем управления.

Ключевые слова: автомобиль, автотранспортное предприятие, автомобильный транспорт, автомобильное транспортное средство, конструктивные элементы автомобиля, техническое состояние автомобиля, отказ в работе автомобиля.

Balgabekov Toleu Kunzholovich

Candidate of Technical Sciences,
Department of «Transport Engineering and Technology»,
Kazakh AgroTechnical University named after S. Seifullin,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: tdi_kstu@mail.ru

Yessentayev S. D.

undergraduate student, Department of «Transport Engineering and Technology»,
S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,
Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: yessentayev.s@mail.ru
Material received on 02.03.20.

**To the study of the main problems
in the field of car maintenance**

The main task of the draft laws is to create a system of incentives for the modernization of production, reducing the impact on natural complexes, reducing the energy intensity of products and services. In this case, preference is given to enterprises of automotive maintenance, which not only can provide high quality services for maintenance and repair of motor vehicles, but also can ensure compliance with environmental and industrial safety requirements that meet international standards, capable of regulatory authorities to confirm this compliance. Currently, one of the directions of solving these problems is the creation of integrated control systems.

Keywords: automobile, motor transport company, automobile transport, automobile vehicle, vehicle structural elements, technical condition of the vehicle, failure of the vehicle.

Жетписов Дархан Бейсенбаевич

магистрант, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: darhan_jetpisov@mail.ru

Богомолов Алексей Витальевич

к.т.н., профессор, кафедра «Металлургия»,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: bogomolov71@mail.ru

**МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ СТОЙКОСТИ КАТОДНОЙ
ФУТЕРОВКИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРОВ**

В статье рассматриваются вопросы, связанные с увеличением стойкости катодных блоков электролизеров. Увеличение доли графитированных катодных блоков, используемых в современных сборках для производства первичного алюминия электролитическим способом, признано основным направлением развития этой технологии. Эти блоки имеют ряд неоспоримых преимуществ, в первую очередь низкое электрическое сопротивление и высокий уровень электропроводности.

Повышенный абразивный износ во время движения расплава представляется наиболее важной проблемой при работе таких блоков. Это приводит к уменьшению срока службы электролизера и увеличению стоимости производимого металла. Ведущие мировые производители проводят комплексные работы, направленные на повышение качества графитированных блоков. Эти работы включают ряд научных направлений: рациональный выбор сырья, выбор оптимальных параметров технологического процесса, различные варианты пропиток и т.д. Большинство исследователей сходятся во мнении, что повышение плотности материала катодных блоков, приводит к снижению абразивного износа, и что этот эффект может быть достигнутым различными способами (прежде всего пропиткой смолы).

Несколько технических решений (например, создание переменного электрического сопротивления по длине блока с более низким значением вблизи краев в зонах с повышенным износом) были признаны успешными в ходе производственных испытаний и в настоящее время успешно используются на ряде металлургических производств алюминия.

Ключевые слова: катодные блоки, графитизация, пропитка, абразивный износ, производство алюминия, электролизер.

ВВЕДЕНИЕ

Срок службы алюминиевых электролизеров и их технико-экономические показатели в значительной степени определяются конструкцией и свойствами футеровочных материалов катодного устройства [1, 2]. Футеровка катодного кожуха алюминиевого электролизера состоит из углеродной, огнеупорной и теплоизоляционной частей, каждая из которых выполняет определенную функцию. Особая роль принадлежит углеродной футеровке, на поверхности которой находятся жидкий алюминий и криолит-глиноземный расплав (КГР), обладающий способностью растворять большинство металлов и их соединений. Поэтому в первую очередь от качества подовой футеровки, в значительной степени, зависит срок службы ванны.

В настоящее время в алюминиевой промышленности проводится целенаправленная работа по повышению силы тока серий электролизеров, что позволяет повысить их производительность за счет интенсификации процесса и повышения выхода по току. Тенденция повышения силы тока и возрастающая при этом нагрузка еще больше обостряют проблему правильного выбора футеровочных материалов [3, 4]. Перед электродной отраслью поставлены вопросы о качестве подовых и боковых блоков и их соответствии продукции ведущих зарубежных компаний. Производство футеровочных блоков электролизеров, направлено на переход к углеграфитовым блокам с повышенным содержанием графита (в сочетании с термоантрацитом газовой или электрической кальцинации) [5].

Разработка технологии и оптимизация технологических параметров производства и использования катодных блоков с повышенным содержанием графита продолжает оставаться объектом активных исследований производителей и потребителей как ближнего, так и дальнего зарубежья [6, 7].

Катодные блоки изготавливают из углеродных материалов, в основе которых лежит электрокальцинированный (прокаленный в электрических печах сопротивления) антрацит и связующий материал – каменноугольный пек. Углеродная масса смешивается, прессуется на прошивных прессах или формуется на вибромашинах. Полученные «зеленые» блоки обжигают при температуре 1150–1200 °С, после чего они приобретают свойства термической устойчивости, сопротивления агрессивному воздействию расплавленного электролита и алюминия, а также необходимую электрическую проводимость [1, 4].

Принципиальным отличием углеграфитовых материалов является различная природа их структурных составляющих – термоантрацита, искусственного графита и кокса связующего, представляющих собой уголь наиболее высокой степени метаморфизма с двумерноупорядоченной структурой, трехмерноупорядоченный материал на основе нефтяных коксов и каменноугольный кокс связующего соответственно. Это усложняет управление процессами формирования структуры и свойств, композиционных углеграфитовых материалов, не имеющих аналогов в углеродной продукции.

Несмотря на то, что чешуйчатый графитизированный уголь имеет низкое электрическое сопротивление, высокую теплопроводность, низкий коэффициент термического расширения (КТР) и наилучший показатель стойкости к термоудару, такой кокс не используется в производстве катодных блоков алюминиевых электролизеров. Применение изотропных нефтяных коксов, включая дробленые коксы, более предпочтительно.

Угольный материал формируется из округленных частиц индивидуально или в сплавленном состоянии. Причинами такого выбора является более высокая твердость изотропных нефтяных коксов, которая дает законченному графитизированному продукту лучшее механическое сопротивление трению и соответственно более длительный срок службы в алюминиевом электролизере [8]. Можно выделить несколько факторов, которые оказывают наибольшее влияние на сопротивление к абразивному износу.

Первое, это плотность и пористость блока. Эти параметры зависят от гранулометрического состава исходного углеродного материала.

Второе, температура графитизации, которая определяет электрическое сопротивление блока и размер кристаллитов графита.

Третье, рост электрического сопротивления, которое приводит к увеличению абразивного износа.

Предполагалось, что формованием на вибромашинах можно создать более устойчивую к абразивному износу, изотропную структуру в катодном блоке по сравнению с формовкой экструзией [9, 10], однако это не подтвердилось результатами лабораторных исследований [11]. В данной работе будет проведен анализ работ, направленных на улучшение эксплуатационных характеристик графитизированных катодных блоков.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 Выбор типа исходного углеродного материала

Свойства исходного углеродного материала отражаются на свойствах готовых изделий. Максимальный уровень структурного упорядочения, характерный для синтетического графита, определяется размером и длиной микрочастиц. Тем самым качество исходного материала может влиять на такие свойства катодного блока, как износостойкость, термическое расширение, электрическое сопротивление и теплопроводность [12].

В настоящее время в мировой практике признано, что нефтяной кокс является исходным материалом для производства наиболее качественных графитированных блоков с высокой теплопроводностью, низким электрическим сопротивлением и высокой устойчивостью к тепловому удару. Относительно небольшое количество смолы при смешивании требуется для изготовления блоков на основе нефтяного кокса. В этом случае конечный продукт характеризуется высокой плотностью и абразивной износостойкостью [13]. Анизотропная микроструктура игольчатого кокса является причиной относительно низких параметров таких свойств, как механическая прочность, эластичность, коэффициент теплового расширения, а также более высокая скорость абразивного износа, несмотря на высокую кажущуюся плотность конечного продукта [13].

Таким образом, использование изотропного нефтяного кокса является более предпочтительным для производства графитированных блоков.

2 Переменное сопротивление катодных блоков

Графитизированные блоки характеризуются W-образной формой износа (рисунок 1), вызванной градиентом плотности тока. Исследования в этой области [14] определили, что повышение плотности тока сопровождается интенсификацией электрохимической реакции образования карбида алюминия. Для снижения этого эффекта, было предложено использовать блоки с переменным сопротивлением по их длине, когда электрическое сопротивление блока по его краям выше, чем в середине.

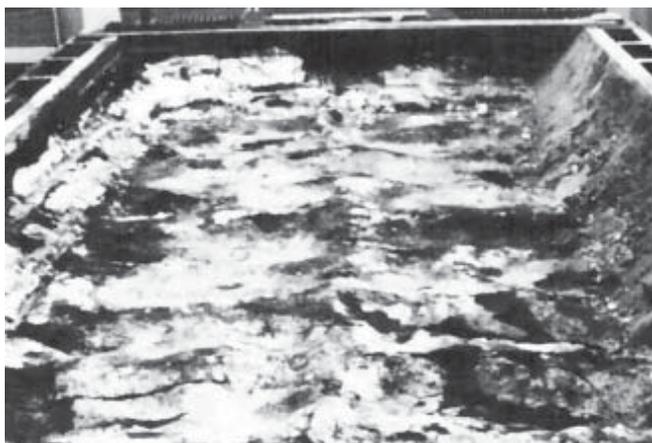


Рисунок 1 – W-образная форма износа подины

Получить переменное сопротивление можно разными способами. Известно, что электрическое сопротивление готового блока является функцией температуры обработки вовремя графитизации, и соответственно все методы будут в любом случае основаны на локальных изменениях температурной процедуры. Согласно методу, описанному в [15], блок, проходящий стадии кальцинирования и графитизации, имеет поперечное сечение, большее по его краям, чем в его середине; избыточный материал удаляется механически, позже во время обработки.

Достижение требуемого эффекта обеспечивается разницей температуры графитизации по длине блока, поскольку электрическое сопротивление заготовки обратно пропорционально квадрату поперечного сечения каждого элемента. Кроме того, переменное сопротивление может быть достигнуто путем воздействия на процесс графитизации без изменения размера заготовки [16]. Например, можно уменьшить тепловую изоляцию графитизирующей печи в областях, соответствующих краям блока или используя специальные теплоотводящие пути.

Накопленный практический опыт эксплуатации показывает, что переменное сопротивление катодов не оказывает негативного влияния на технологический процесс при производстве алюминия электролитическим методом [17, 18].

3 Пропитка катодных блоков

Пропитка катодных блоков смолой является одним из общепринятых методов снижения эрозионного износа при производстве катодных блоков. Пек, впитанный открытыми графитовыми порами, снижает электрическое сопротивление блока и его пористость после прокаливания [9]. Кокса в порах после прокаливания является более твердым и аморфным по сравнению с графитом и в то же время снижает образование карбида алюминия.

Предполагается, что сочетание этих двух факторов позволяет снизить общий износ. Наиболее полная пропитка может быть достигнута после сочетания предварительной вакуумной обработки и последующего применения избыточного давления [19].

ВЫВОДЫ

В этой статье согласно представленным современным тенденциям развития электролизной технологии производства первичного алюминия, можно сделать вывод, что важность решения проблемы улучшения рабочих параметров графитированных катодных блоков будет только возрастать.

Для наилучшего решения проблем необходим комплексный подход, включающий как оптимизацию исходного сырья, так и улучшение технологических процессов. Небольшой размер кристаллитов синтетического графита в готовых блоках существенно снижает типичный абразивный износ; добавка таких материалов, как сланцевый кокс или ацетиленовая сажа, также способствуют снижению износа.

Среди методов, направленных на улучшение эксплуатационных параметров после испытаний в промышленных условиях, следует выделить различные варианты пропитки пека и создания переменного сопротивления по длине блока. Оба этих подхода могут существенно увеличить срок службы блоков, однако пропитанные блоки более подвержены износу, чем катоды, изготовленные по технологии переменного сопротивления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Галевский, Г. В.** *Металлургия алюминия. Технология, электроснабжение, автоматизация : уч. пособие для вузов / Г. В. Галевский, Н. М. Кулагин, М. Я. Минцис, Г. А. Сиразутдинов. – М. : Наука, 2008. – 529 с.*

2 **Асаинов, А. А.** *Анализ условий эксплуатации подовых и бортовых огнеупоров алюминиевых электролизеров // Наука и техника Казахстана, 2015. – № 1–2. – С. 11–17.*

3 **Борисоглебский, Ю. В.** *Металлургия алюминия : Учебное пособие / Ю. В. Борисоглебский, Г. В. Галевский, Н. М. Кулагин, М. Я. Минцис, Г. А. Сиразутдинов. – Новосибирск : Наука, 1999. – 438 с.*

4 **Sorlie, M.** *Cathodes in aluminium electrolysis / M. Sorlie, H. Oye. – Dusseldorf : Aluminium-Verlag, 2013. – 643 p.*

5 **Орач, Т.** *Углеродная и графитовая футеровка катода в производстве первичного алюминия / Т. Орач // 3-ий международный конгресс «Цветные металлы – 2011». – Красноярск, 2011. – С. 678–679.*

6 **Zhong-hui, Qi.** *Исследование графитового катодного материала для алюминиевого электролизера / Qi Zhong-hui, Liu Hong-bo, Xiang Zuo Liang // Carbon Tech. (Tansu Jishu). – 2003. – № 4. – С. 15–19.*

7 **Li, F.** *Причины растрескивания зеленых углеродистых блоков для электролизеров и практические меры по предотвращению появления трещин / F. Li, J. Wang, N. Wang // Carbon Tech. (Tansu Jishu). – 2003. – № 1. – С. 23–29.*

8 **Касен, К. К., Жунусов, А. К., Жунусова, А. К.** *Анализ способов утилизации отработанной футеровки электролизеров производства алюминия // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 3. – С. 107–112.*

9 Patent 2003056067 WO. Method for the production of cathode blocks. Published 11.11.2004.

10 **Vorobev, A. G., Timokhin, D. V., Bugaenko, M. V.** The development of the Eurasian economic space based on the model of «Economic cross» // Non-ferrous Metals. 2016. – № 1. – P. 3–8.

11 **Korneev, S. I.** International review of the market of non-ferrous metals // Tsvetnye metally. 2016. №1. pp. 4–7.

12 **Sorlie, M., Oye, H.** Cathodes in aluminium electrolysis. Aluminium. – Verlag. Dusseldorf, 2013 – 643 p.

13 **Hiltmann, F., Patel, P., Hyland, M.** Influence of internal cathode structure on behavior during electrolysis. Part I: properties of graphitic and graphitized material. Light Metals. – 2005. – P. 751–756.

14 **Patel, P., Hyland, M., Hiltmann, F.** Influence of internal cathode structure on behavior during electrolysis. Part III: wear behavior in graphitic materials // Light Metals. 2006. – P. 633–638.

15 Patent 2003056067 WO. Method for the production of cathode blocks. // Published 11.11.2004.

16 Patent 2000046426 WO. Graphite cathode for electrolysis of aluminium. Published 10.08.2000.

17 **Dreyfus, J., Rivoaland, L., Lacroix, S.** Variable Resistivity Cathode against Graphite Erosion // Light Metals. – 2004. – P. 603–608

18 **Lombard, D., Beheregaray, T., Feve, B., Jolas, J. M.** Aluminium Pechiney experience with graphitized cathode blocks // Light Metals. – 1998. – P. 653–658.

19 **Sato, Y., Patel, P., Lavoie, P.** Erosion measurements of high-density cathode block samples through laboratory electrolysis with rotation. // Light Metals. – 2010. – P. 817–822.

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Жетписов Дархан Бейсенбаевич

магистрант, С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: zhanakhutdinov@mail.ru

Богомолов Алексей Витальевич

т.ғ.к., профессор, «Металлургия» кафедрасы,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: bogomolov71@mail.ru

Материал баспаға 02.03.20 түсті.

Электролизерлердің катодты футерлеуінің тұрақтылығын арттыру әдістері

Мақалада электролизерлердің катодты блоктарының тұрақтылығының артуымен байланысты мәселелер қарастырылады. Электролиттік тәсілмен бастапқы алюминий өндірісі үшін қазіргі заманғы жинақтарда пайдаланылатын графиттелген катод блоктарының үлесін арттыру осы технологияны дамытудың негізгі бағыты болып танылды. Бұл блоктардың бірқатар даусыз артықшылықтары бар, бірінісі кезекте төмен электр кедергісі және электр өткізгіштігінің жоғары деңгейі.

Балқыманың қозғалысы кезінде жоғары абразивті тозу осындай блоктардың жұмысы кезінде ең маңызды мәселе болып табылады. Бұл электролизердің қызмет ету мерзімін азайтуға және өндірілетін металл құнының өсуіне әкеледі. Жетекші әлемдік өндірушілер графиттелген блоктардың сапасын арттыруға бағытталған кешенді жұмыстар жүргізеді. Бұл жұмыстар бірқатар ғылыми бағыттарды қамтиды: шикізатты тиімді таңдау, технологиялық процестің оңтайлы параметрлерін таңдау, сіңірудің түрлі нұсқалары және т.б. Көптеген зерттеушілер катод блоктары материалының тығыздығының жоғарылауы абразивті тозудың төмендеуіне әкеледі және бұл әсердің әр түрлі әдістермен (ең алдымен шайырды сіңдіру) қол жеткізуі мүмкін деген пікірде.

Бірнеше техникалық шешімдер (мысалы, тозуы жоғары аймақтардағы шеттерге жақын негүрлым төмен мәні бар блоқтың ұзындығы бойынша ауыспалы электр кедергісін құру) өндірістік сынақтар барысында билық деп танылды және қазіргі уақытта алюминийдің бірқатар металлургиялық өндірістерінде табысты пайдаланылады.

Кілтті сөздер: катодты блоктар, графитизация, сіңдіру, абразивті тозу, алюминий өндірісі, электролизер

Jetpisov Darkhan Beisenbaevich

undergraduate student,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: darhan_jetpisov@mail.ru

Bogomolov Alexey Vitalyevich

Candidate of Technical Sciences, Professor,
Department of «Metallurgy», S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: bogomolov71@mail.ru

Methods for increasing the resistance of cathode lining of electrolyzers

The article deals with the issues related to increasing the resistance of cathode blocks of electrolyzers. Increasing the share of graphite cathode blocks used in modern assemblies for the production of primary aluminum by electrolytic method is recognized as the main direction of development of this technology. These units have a number of undeniable advantages, primarily low electrical resistance and a high level of electrical conductivity.

Increased abrasive wear during the movement of the melt is the most important problem in the operation of such blocks. This leads to a reduction in the service life of the electrolyzer and an increase in the cost of the produced metal. The world's leading manufacturers carry out complex works aimed at improving the quality of graphite blocks. These works include a number of scientific areas: rational selection of raw materials, selection of optimal parameters

of the technological process, various options for impregnation, etc. Most researchers agree that increasing the density of the cathode block material leads to a decrease in abrasive wear, and that this effect can be achieved in various ways (primarily by impregnating the resin).

Several technical solutions (for example, creating an alternating electrical resistance along the length of the block with a lower value near the edges in areas with increased wear) have been recognized as successful during production tests and are currently being successfully used in a number of aluminum metallurgical plants.

Keywords: cathode blocks, graphitization, impregnation, abrasive wear, aluminum production, electrolyzer.

ГРНТИ 55.03.14; 55.13.15

Барзов Александр Александрович

д.т.н., профессор, в.н.с., Центр гидрофизических исследований, Физический факультет,
Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова,
г. Москва, 107000, Российская Федерация,
e-mail: a.a.barzov@gmail.com

Денчик Александр Иванович

к.т.н., профессор, кафедра «Машиностроение и стандартизация»,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: pavlodarec99@mail.ru

Ткачук Андрей Александрович

магистр, ст. преподаватель,
кафедра «Машиностроение и стандартизация»,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: tkachukandrey1985@mail.ru

**ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА
ВЕРОЯТНОСТНОГО ФОРМИРОВАНИЯ
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО РАЗМЕРА**

Вопросы повышения качества изготовления деталей, узлов и агрегатов техники являются приоритетными в технологии машиностроения. Следует отметить, что важнейшим показателем качества является точность параметров изготавливаемого изделия. Сложность решения проблем точности состоит в необходимости учета большого количества факторов, оказывающих влияние на технологический процесс изготовления изделия и вызывающих определенные операционные погрешности. В этой связи целесообразным является применение вероятностно-статистических методов, универсальность которых позволяет задействовать их в решении широкого круга научно-технических задач.

Предложено анализировать точность деталей машин с учетом масштабного фактора, описываемого соответствующей вероятностной зависимостью. Приведены результаты, раскрывающие высокий потенциал исследования точности на основе оценки влияния данного функционально значимого технологического возмущения, на качество технически сложных изделий.

Ключевые слова: точность, масштабный фактор, вероятностная модель, имитационное моделирование, функционально значимое технологическое возмущение.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы повышения качества изготовления деталей, узлов и агрегатов техники являются приоритетными в технологии машиностроения. Следует отметить, что важнейшим показателем качества является точность параметров изготавливаемого изделия. Сложность решения проблем точности состоит в необходимости учета большого количества факторов, оказывающих влияние на технологический процесс изготовления изделия и вызывающих определенные операционные погрешности. В этой связи целесообразным является применение

вероятностно-статистических методов, универсальность которых позволяет задействовать их в решении широкого круга научно-технических задач.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В основе такого подхода используется понятие функционально значимого технологического возмущения (ФЗТВ) процесса формирования некоторого исполнительного размера, которое приводит к возникновению соответствующей погрешности изготовления в широком понимании данного термина.

Допустим, что вероятность отсутствия ФЗТВ в некоторой зоне с координатой x составит величину $P^*(x)$, а зоны с координатой x_1 соответственно $P^*(x_1)$. Тогда, учитывая вероятностную независимость событий, их итоговую вероятность $P^*(x + x_1)$ следует представить в виде

$$P^*(x + x_1) = P^*(x) \times P^*(x_1) \quad (1)$$

Формула (1) определяет вероятность отсутствия повреждающего (дефектообразующего) воздействия в микроне, которая расположена на глубине $x + x_1$.

Определим интенсивность изменения вероятности отсутствия ФЗТВ в направлении координаты x . Для этого продифференцируем последнее соотношение (1) по координате и получим

$$\frac{d}{dx} P^*(x + x_1) = P^*(x_1) \times \frac{d}{dx} P^*(x) \quad (2)$$

Найдем удельное или относительное изменение функциональных составляющих «градиентного» соотношения (1) к их абсолютному вероятностному значению. Для этого разделим уравнение (2) на уравнение (1) и получим

$$\frac{\frac{d}{dx} P^*(x+x_1)}{P^*(x+x_1)} = \frac{\frac{dP^*(x)}{dx}}{P^*(x)} \quad (3)$$

Свойства логарифмической производной

$$\frac{Y^*}{Y} = (\ln|Y|)^* \quad (3^*)$$

Так как весьма общее вероятностное уравнение (3) должно быть справедливо при любом значении x_1 и учитывая свойства логарифмической производной, получим из последнего соотношения выражение вида

$$\frac{d}{dx} \ln P^*(x + x_1) = \frac{d}{dx} \ln P^*(x) = -c \quad (4)$$

где: $c = const$ – параметр, имеющий размерность .

Заметим, что в функциональном отношении данный параметр имеет весьма сложную структуру, определяемую конкретикой повреждающего взаимодействия ФЗТВ.

После очевидного интегрирования (4) будем иметь

$$\ln P^*(x + x_1) = \ln P^*(x)$$

$$\ln P^*(x + x_1) - \ln P^*(x) = 0 \tag{5}$$

$$P^*(x) = e^{-cx} + c_o$$

где: c_o – постоянная интегрирования определяемая из следующих соображений.

В частности, при $x = 0$ вероятность отсутствия в поверхностном слое облучаемого ПКМ исчезающе малой толщины будет близка к $P^*(0) \sim 1,0$. Тогда подстановка в (5) этих параметров дает значение: $c_o = 0$. Причем при этом $c_o = 0$ автоматически выполняется другое логическое требование к (5), а именно при $x \rightarrow \infty P^*(\infty) = 0$, т. е при весьма большом x всегда найдется пусть очень малое, но функционально значимое количество зон возможного появления ФЗТВ. Таким образом, в рамках принятых логически обоснованных допущений координатная зависимость вероятности отсутствия появления ФЗТВ в координате x определяется простым экспоненциальным соотношением вида

$$P^*(x) = e^{-cx} \tag{6}$$

Так как вероятность отсутствия микрозон ФЗТВ исходной структуры и вероятность наличия таких зон в системе СПИД с координатой x образуют полную группу событий, то их суммарная вероятность равна единице. С учетом этого очевидного положения, уравнение (6) можно представить, как

$$P(x) = 1 - P^*(x) = 1 - e^{-cx} \tag{7}$$

где: $P(x)$ – вероятность наличия в системе СПИД микрозон ФЗТВ с координатой x .

Причем весьма физически важный параметр « c » фактически означает среднюю или условно постоянную концентрацию этих микроучастков в системе СПИД.

Необходимо подчеркнуть, что структурно-подобное выражение, формально аналогичное (7) хорошо известно в статистической механике разрушения, как масштабный фактор (МФ) прочности твердых тел [1]. В рамках данной теории МФ характеризует вероятность наличия потенциально опасных микрозон ФЗТВ

с координатой. Применительно к анализу точности различных деталей с учетом роли МФ необходимо рассчитать по зависимости (7) вероятность возникновения хотя бы одного ФЗТВ процесса формирования рассматриваемого исполнительного размера, а затем оценить его ожидаемую погрешность.

Проверка адекватности выражения (7) осуществлялась путем имитационного моделирования с использованием метода Монте-Карло [2, 3].

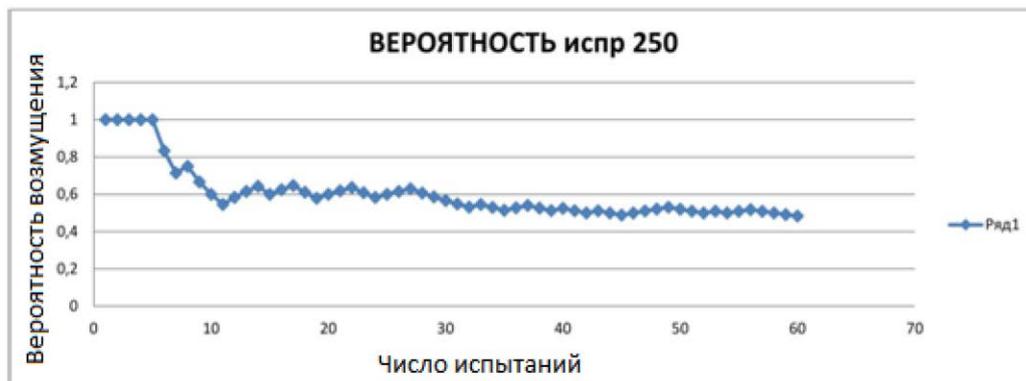


Рисунок 1 – Зависимость вероятности возмущения исполнительного размера от числа испытаний

Значение вероятности $P(x)$ определялось путём разыгрывания совокупности случайных величин, итоговая оценка влияния которых дает искомое значение $P(x)$ с требуемой точностью. На рисунке 1 показана зависимость вероятности ФЗТВ со случайной координатой расположения для условно-номинального исполнительного размера 250 – ИСПР 250 от числа испытаний при условии случайного взаимодействия элементов в рамках системы станок-приспособление-инструмент-деталь – СПИД.

В целом на первом этапе моделирования изучалась вероятность функционально значимого технологического возмущения от величины исполнительного размера для девяти различных номиналов, результаты имитационного моделирования представлены в виде графической зависимости на рисунке 2.

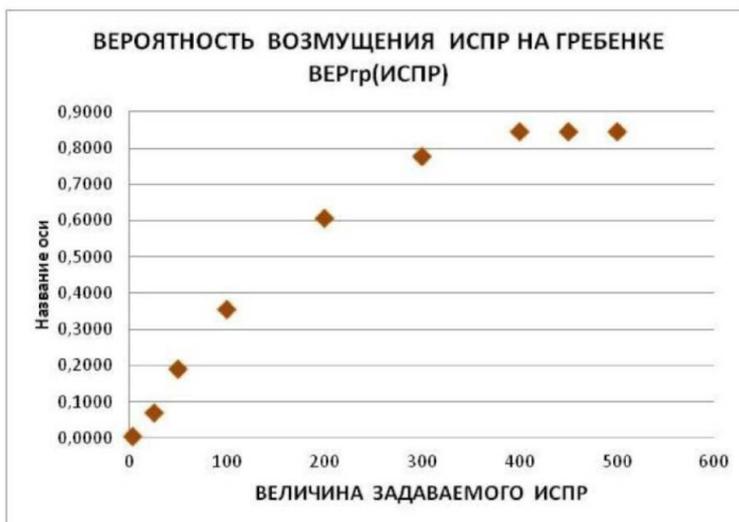


Рисунок 2 – Вероятность функционально значимого технологического возмущения от величины исполнительного размера для девяти различных номиналов

На втором этапе имитационного моделирования анализировалась степень корреляционной связи между экспериментальными значениями вероятности функционально значимого технологического возмущения от величины исполнительного размера в нормированном виде и значениями вероятности, рассчитанными согласно выражению (7).

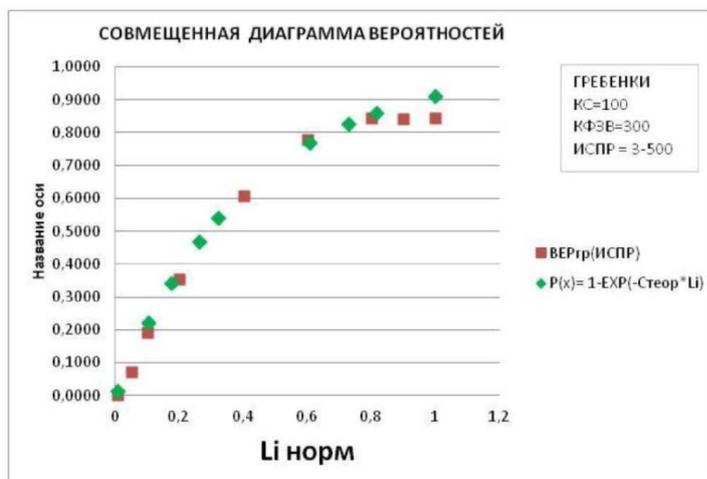


Рисунок 3 – Степень корреляционной связи между экспериментальными значениями вероятности функционально значимого технологического возмущения от величины исполнительного размера в нормированном виде и значениями вероятности

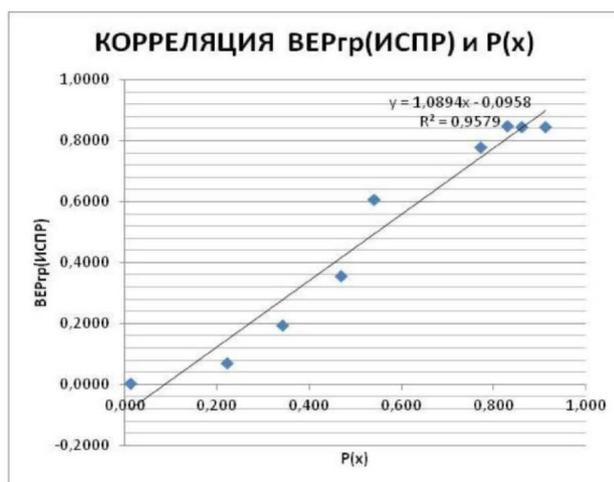


Рисунок 4 – Результаты корреляционного анализа

Результаты корреляционного анализа представлены на рисунке 4. Коэффициент корреляции значений, полученных имитационным моделированием и расчётом согласно выражению (7) составил $R = 0,95$.

ВЫВОДЫ

В заключение сформулируем некоторые выводы и предварительные предложения, позволяющие наметить перспективу дальнейших исследований.

1 На основе вероятностной модели (7) возможна количественная оценка значений «с» по результатам анализа минимума прямых измерений геометрически близких и/или подобных конструктивных элементов изделий. Это обстоятельство позволит осуществлять достоверные оценки ожидаемой точности изготовления уникальных объектов в единичном производстве.

2 Весьма значимые научно-прикладные результаты могут быть получены при вероятностном моделировании сборочных операций.

3 Учет роли МФ при технологической подготовке производства позволит разработать более результативные инженерные методики базирования деталей машин при выполнении различных формообразующих операций.

4 Расчетное прогнозирование величины ожидаемых погрешностей формообразования с учетом латентной роли МФ позволит определить на ранних этапах проектирования функционально-точностное качество принимаемых конструкторско-технологических решений.

Таким образом, методологически МФ следует рассматривать не только как специфическую научно-прикладную характеристику поврежденности материала, вероятно зависящую от его габаритов, но и как более общий фактор, значимо влияющий на функциональное качество самых различных объектов анализа [4, 5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Фрейденталь, А. М.** Статистический подход к хрупкому разрушению // Разрушение / Под ред. Г. Либовица. – М. : Мир, 1975. Т.2., С.616-645.
- 2 **Гурман, В. Е.** Теория вероятности и математическая статистика. – М. : Высшая школа, 1977. – 479 с.
- 3 Вероятностное моделирование в инновационных технологиях / А. А. Барзов, А. Л. Галиновский, В. С. Пузаков, О. А. Троцкий. – М. : Изд-во «НТ», 2006 – 100 с.
- 4 Ультраструйная технология получения микросуспензий / Балашов О. Е., Барзов А. А., Галиновский А. Л., Литвин Н. К., Сысоев Н. Н., Шашурин В. Д. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 352 с.
- 5 Ультраструйная гидродинамика / М. И. Абашин, А. А. Барзов, А. Л. Галиновский, И. В. Мазаева, Н. Н. Сысоев, П. Н. Сысоев. – М. : МГУ имени М.В. Ломоносова, Физический факультет, 2015. – 308 с.
- 6 **Barzov, A. A., Belov, V. A., Denchik, A. I.** Information analysis of combined ultra-jet express diagnostics of materials and products of RST (rocket & space technology) // 43rd Academic Space Conference : Dedicated to the Memory of Academician S.P. Korolev and other Outstanding Russian Scientists – Pioneers of Space Exploration «Korolev Academic Space Conference», Bauman Moscow State Technical University. – AIP Conference Proceedings, Volume 2171, 15 November 2019, номер статьи 170014, код 154643.
- 7 **Абашин, М. И., Барзов, А. А., Денчик, А. И., Мусина, Ж. К.** Анализ инновационного потенциала ультразвуковых гидротехнологий // Наука и техника Казахстана. – 2016. – №3-4. – С. 7-16.
- 8 **Абашин, М. И., Барзов, А. А., Денчик, А. И., Мусина, Ж. К.** Конструкторско-технологические решения по ультразвуковой обработке жидкофазных структур // Наука и техника Казахстана. – 2018. – №1. – С. 6-16.
- 9 **Тарасик, В. П.** Математическое моделирование технических систем : учебник для вузов / изд. 2-е дополн. и перераб. – Мн. : Изд-во «Дизайн ПРО», 2004. – 640 с.
- 10 **Псигин, Ю. В.** Лабораторный практикум по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» : учебное пособие / под общ. ред. Н. И. Веткасова. – Ульяновск : УлГТУ, 2014. – 137 с.
- 11 **Дерябин, И. П., Козлов, А. В.** Математическое моделирование процессов в машиностроении: учебное пособие по выполнению лабораторных работ. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2003. – 27 с.

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Барзов Александр Александрович

т.ғ.д., профессор, ж.ғ.к. Физика факультеті,
Гидрофизикалық зерттеулер орталығы,
М. В. Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университеті,
Мәскеу қ., 107000, Ресей Федерациясы,
e-mail: a.a.barzov@gmail.com.

Денчик Александр Иванович

т.ғ.к., профессор, «Машина жасау және стандарттау» кафедрасы,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: pavlodarec99@mail.ru.

Ткачук Андрей Александрович

магистр, аға оқытушы, «Машина жасау және стандарттау» кафедрасы,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: tkachukandrey1985@mail.ru.
Материал баспаға 02.03.20 түсті.

**Атқарушылық өлшемнің ықтималдық қалыптасу процесін
имитациялық модельдеу**

Техниканың бөлшектерін, тораптары мен агрегаттарын дайындау сапасын арттыру мәселелері Машина жасау технологиясында басым болып табылады. Сапаның маңызды көрсеткіші дайындалатын бұйымның параметрлерінің дәлдігі болып табылатынын атап өткен жөн. Дәлдік проблемаларын шешудің күрделілігі бұйымды дайындаудың технологиялық процесіне әсер ететін және белгілі бір операциялық қателіктерді тудыратын көптеген факторларды есепке алу қажеттілігінен тұрады. Осыған байланысты ықтимал-статистикалық әдістерді қолдану орынды болып табылады, олардың әмбебаптығы оларды ғылыми-техникалық міндеттердің кең ауқымын шешуге қатыстыруға мүмкіндік береді.

Машина бөлшектерінің дәлдігін тиісті ықтималдық тәуелділікпен сипатталатын ауқымды факторды ескере отырып талдау ұсынылды. Осы функционалдық маңызы бар технологиялық қозудың техникалық Күрделі бұйымдардың сапасына әсерін бағалау негізінде дәлдікті зерттеудің жоғары әлеуетін ашатын нәтижелер келтірілген.

Кілтті сөздер: дәлдік, ауқымды фактор, ықтималдық модель, имитациялық модельдеу, функционалдық мәнді технологиялық қозу.

Barzov Alexander Alexandrovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Leading Scientific Employee,
Center for hydrophysical research, faculty of Physics,
Lomonosov Moscow State University,
Moscow, 107000, Russia Federation,
e-mail: a.a.barzov@gmail.com.

Denchik Alexander Ivanovich

Candidate of Technical Sciences, Professor,
Department of «Machine Building and Standardization»,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: pavlodarec99@mail.ru.

Tkachuk Andrey Alexandrovich

master, senior lecturer,

Department of «Machine Building and Standardization»,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,

Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,

e-mail: tkachukandrey1985@mail.ru.

Material received on 02.03.20.

Simulation of the process of probabilistic formation of the executive size

Issues of improving the quality of manufacturing parts, components and assemblies of machinery are a priority in engineering technology. It should be noted that the most important indicator of quality is the accuracy of the parameters of the manufactured product. The complexity of solving accuracy problems is the need to take into account a large number of factors that affect the manufacturing process of the product and cause certain operational errors. In this regard, it is advisable to use probabilistic and statistical methods, the universality of which allows them to be used in solving a wide range of scientific and technical problems.

It is proposed to analyze the accuracy of machine parts taking into account the scale factor described by the corresponding probability dependence. The results are presented that reveal the high potential of accuracy research based on the assessment of the influence of this functionally significant technological disturbance on the quality of technically complex products.

Keywords: accuracy, scale factor, probabilistic model, simulation, functionally significant technological perturbation.

Brzhanov Rashit Temerzhanovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Academician of the International Academy of Informatization,
Caspian State University of Technology and Engineering named after S. Esenov,
Aktau, 130000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: brzhanov@mail.ru

**THE STUDY OF THE DURATION OF THE SET OF
WINTER CONCRETE CRITICAL STRENGTH**

This paper assesses the technological features of winter concreting. In order to predict the cooling time to the set of critical strength, the following are taken into consideration: surfacing module, initial and final temperature of concrete, specific heat capacity of concrete, outdoor temperature, type of concrete formwork. The additional costs of thermal insulation of concrete are considered by taking into account its heat release, thermal conductivity of heat of various formwork.

Keywords: winter concreting, concrete cooling time, critical strength, winter concreting methods.

INTRODUCTION

The urgency of the problem is the need to increase the durability of materials and products, formed of multicomponent chemical compounds. Concrete and reinforced concrete, in fact, are the products of chemical transformation of dry, loose components into the hard stone, after a large number of interactions with each other in the presence of water. In what way the reaction will go between the concrete components and whether it goes, depends, among other things, on external influences.

Particularly it refers to the construction of buildings from solid concrete. This technology improves the efficiency of construction, there is an opportunity of diversity architectural expression and volume planned solutions.

MAIN PART

However, these and other advantages of the concrete is not completely implemented, since the peculiarity of interaction patterns are not sufficiently investigated, constituting of these systems based on deformability, durability of characteristics. The properties of materials are caused by temperature, humidity impacts, and also the interaction time of hydration products with each other and with the environment. This provision is particularly important for the majority of regions of Russia and Kazakhstan, where the winter period lasts for more than 6 months a year. Moreover, a substantial impact on the qualitative and quantitative indicators of these patterns exert all sorts of additives and technological products (ash, slag) [1–5].

For winter concreting a variety of technological methods are used, which can be divided into two major groups – heating methods and no heating methods. The main parameters of choice of winter concreting production technology are the massiveness of

concreted structures; critical strength of concrete; presence of a developed infrastructure for ensuring the construction of energy resources and equipment. The module of surface characterizes the massiveness of construction and equal to the ratio of the cooling surface structure F , m^2 to its volume V , m^3 .

Table 1 – Selection of the most economical method for standing of concrete at winter concreting

Type of construction	Minimal air temperature, °C, until	The method of concreting
Massive concrete and reinforced concrete foundations, blocks and slabs with $M_n \cdot \xi \geq 3$	-15	thermos
	-20	an accelerated thermos
Foundations under the construction of buildings and equipment, massive walls, etc. with $M_n = 3 - 6$	-15	thermos, an accelerated thermos
Columns, beams, purlins, elements of frame structures, piled grillages, walls, overlaps with $M_n = 6 - 10$	-15	an accelerated thermos, an accelerated thermos with electro warming or electrical heating

Economically the most expedient is the method of «thermos» (table 1). During the application of any method of winter concreting is necessary to provide so-called critical strength, i.e., the strength by the complete freezing time of the concrete. In practice, standing the construction by the method of thermos is more often necessary to determine the cooling time of the concrete, as well as the amount collected during this strength time. Depending upon the specific conditions of production work, this task can be solved by the calculation method of B. G. Skramtaev or by the method of V. S. Lukyanov. Besides these methods, there are different methods for calculating of cooling concrete and reinforced concrete structures – analytical, divisional integration, approximate solutions, analogies (hydraulic and electric), experimental.

The simplest and sufficiently reliable for practical purposes is the calculation method of B. G. Skramtaev with changes in the calculation formula brought by S. A. Mironov. By this method the cooling of the construction is calculated by the formula

$$\tau = \frac{\tilde{n} \cdot \nu (t_{b.n.} - t_{b.k.}) + EC}{\hat{E} \cdot \hat{I}_i (t_{ber} - t_v)}, \tag{1}$$

where τ – positivity of concrete cooling, hour;

c – specific heat capacity of concrete $\text{kJ} / (\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$;

γ – volume weight of concrete kg / m^3 ;

$t_{b.n.}$ – the initial temperature of the concrete mix before laying into the construction $^\circ\text{C}$;

$t_{b.k.}$ – the final temperature of concrete, to which the continuance of the concrete cooling is calculated, $^\circ\text{C}$;

E – heat generation of 1 kg cement during the cooling time, KJ ;

C – cement consumption for 1m^3 of concrete, kg ;

K – the heat transfer coefficient of formwork, $\text{W} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

M_n – the module of a surface cooling construction, m-1;
 $t_{b.sr.}$ – the average value of the concrete temperature during the cooling time, °C;
 $t_b.$ – the external air temperature, °C.

Accelerated thermos extends the area of thermos application, due to introduction of antifreeze additives into the concrete. Such concrete, having accumulated the critical strength in the cold, after thawing and hardening (28 days) under normal conditions acquires the strength not less than 100 % of the grade. In order to conduct the calculation time of cooling the concrete, the following data is needed: the size of construction, type and grade of concrete, consumption and activity of cement, the external air temperature, wind speed, steel consumption to 1m³ of concrete, the initial temperature of concrete, formwork material. The sequence of calculation.

Determine the volume of concrete in the construction

$$V = h B \quad (2)$$

Complete surface of cooling the construction

$$F = 2(hB + BL + hL) \quad (3)$$

where h, B, L – is subsequently the thickness, width, length of concreted structure.

The module of surface structure

$$M_{\pi} = \frac{F}{V} \quad (4)$$

The initial temperature of the concrete considering the armature heating

$$t'_{\text{сн}} = \frac{c\gamma t_{\text{сн}} + C_1 P_1 t_{\text{э}}}{C\gamma + C_1 P_1} \quad (5)$$

where C_1 and C – is a specific heat of concrete and fittings (kJ / kg)

P_1 – is a consumption of fittings kg / m³.

From the tables and handbooks [6] the average temperature of concrete hardening is defined ($t_{\text{ср.}}$) which can achieve the required strength at specified time (τ). For this specific material and formwork construction its coefficient of heat transfer is calculated by the formula

$$K = \frac{C\gamma}{M_{\pi}\tau} \left[1,5 - \sqrt{\frac{\delta(t_{\text{ср.}} - t_{\text{э}})}{t'_{\text{сн}} - t_{\text{э}}} - 3,75} \right] \quad (6)$$

The application range of this formula

$$\frac{t_{\text{ср.}} - t_{\text{з}}}{t'_{\text{ср}} - t_{\text{з}}} \geq 0,625 \quad (7)$$

A specific heat flux through the formwork

$$g = K(t_{\text{вн}} - t_{\text{в}}) \quad (8)$$

For the selected type of formwork, the temperature at its outer surface is specified

$$t_{\text{ср}}^{\text{H}} = t_{\text{з}} + q \frac{1}{\alpha_{\text{н}} + \alpha_{\text{к}}} \quad (9)$$

The value $t_{\text{оп}}^{\text{H}}$ must satisfy the requirement:

$$\frac{t_{\text{ср}}^{\text{H}} - t'_{\text{ср}}}{t_{\text{ср}}^{\text{H}}} \times 100\% \leq \pm 5\% \quad (10)$$

Determine the average temperature of formwork heating at the beginning of cooling:

$$t_{\text{ср}}^{\text{P}} = \frac{t'_{\text{ср}} + t_{\text{ср}}^{\text{H}}}{2} \quad (11)$$

Calculate the heat, consumed for formwork heating

$$Q_{\text{ср}} = (t_{\text{ср}}^{\text{P}} - t_{\text{з}}) \sum_{i=1}^n C_i F_i \delta_i \gamma_i \quad (12)$$

where $C_i, F_i, \delta_i, \gamma_i$ – is a specific heat capacity, area, thickness and volume weight of formwork

We specify the temperature of concrete to the beginning of cooling taking into account heat losses on the heating of the fittings and formwork.

The coefficient value of formwork heat transport

$$K' = \frac{C_{\gamma}}{M_{\text{н}} \tau} \left[1,5 - \sqrt{\frac{6(t_{\text{ср.}} - t_{\text{з}})}{t'_{\text{ср}} - t_{\text{з}}} - 3,75} \right] \quad (13)$$

If this calculation does not confirm the necessary heat protection of formwork, it is necessary to enter additional thermal insulation of formwork and re-count the heat transfer coefficient [7]. Considering that, with rising temperature the thermal conductivity of the materials change, according to the empirical formula of O. V. Vlasov the thermal conductivity material of formwork λ_i is calculated by the formula:

$$\lambda_t = \lambda_o(1 + 0,0025t_{on}^p) \quad (14)$$

where λ_o – coefficient of thermal conductivity of formwork material at 0° C
 t_{op} – heating temperature of formwork materials.

The thickness of thermal protection of formwork is determined by the formula

$$\delta_{\text{те}} = \lambda_{\text{те}} \left[\frac{1}{K'} - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{п}} + \alpha_{\text{к}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right) \right] \quad (15)$$

which $\lambda_i, \lambda_{\text{ис}}$ – coefficient of thermal conductivity, according to insulation and components of formwork materials at $t_{\text{оп}}$

The specific heat flux is specified through the formwork

$$q^1 = K^1(t_{\text{bn}} - t_v) \quad (16)$$

The final temperature of outer surface of formwork is specified

$$t_{\text{оп}}^{\text{ок}} = t_{\text{в}} + \frac{q^1}{\alpha_{\text{п}} + \alpha_{\text{к}}} \quad (17)$$

We specify the percentage of error given by the $t_{\text{он}}^1$ and rated temperature of $t_{\text{он}}^{\text{ок}}$ on the outer surface of formwork

$$\frac{t_{\text{оп}}^{\text{ок}} - t_{\text{оп}}}{t_{\text{оп}}} \times 100\% \leq +5\% \quad (18)$$

Determine the concrete temperature at the end of a specified period of cooling

$$t_{\text{в}}^{\text{к}} = (t_{\text{в}}^{\text{н}} - t_{\text{в}}) e^{\frac{-kM_{\text{в}}\tau}{C_{\text{в}}}} + t_{\text{в}} \quad (19)$$

heck the continuation of concrete cooling to $t_{\text{bn}}^{\text{д}}$

$$\tau = \frac{C_{\text{в}}(t_{\text{в}}^{\text{н}} - t_{\text{в}}^{\text{к}})}{kM_{\text{в}}(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{в}}^{\text{к}})} \quad (20)$$

CONCLUSIONS

In the given formula the heat from exotherm of cement is not considered, because it is already considered during the calculation of the average temperature of concrete hardening, as well as the calculation of the heat transfer coefficient of formwork [8].

By these formulas the cooling time of concreted structures for specific climatic and other conditions can be calculated, and also diagrams of cooling for these conditions can be constructed, necessary thermal insulation of formwork can be select [9, 10].

REFERENCES

- 1 **Brzhanov, R. T.** Problems of selecting the methods of winter concreting. Messenger of PGU – № 2. – 2009. – P. 14–33.
- 2 **Корниенко, П. В., Тугумбаев, Д. А., Ахметова, У. Е., Атконова, А. П.** Системный подход при проектировании бетона с требуемыми свойствами в железобетонных конструкциях // Наука и техника Казахстана – 2018. – № 2 – С. 45–55.
- 3 **Васильев, А. А., Кирюшина, В. И.** Прогнозирование времени критического коррозионного повреждения стальной арматуры в бетонах различных классов по прочности на сжатие // В сборнике : «European Research» – Сборник статей XXI Международной научно-практической конференции : в 2 ч. – 2019. – С. 195–198.
- 4 **Агибаева, А. Ж., Аманжолов, А., Ларичкин В. В.** Разработка оптимального состава бетонных смесей на основе шламаглиноземного производства // Наука и техника Казахстана – 2018. – № 3 – С. 64–70.
- 5 **Dudar, I., Kovalenko, A.** Review methods and winter concreting hold concrete mix medium under negative temperature // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2013. – № 2 (15). – С. 29–32.
- 6 **Bagheri-Zadeh, S. H. et al.** Field study of concrete maturity methodology in cold weather // Journal of Construction Engineering and Management. – 2007. – Т. 133. – №. 11. – С. 827–835.
- 7 **Giancoli, D. C., Giancoli, D. C.** Physics for scientists and engineers with modern physics. – Upper Saddle River, NJ : Prentice hall, 2000. – Т. 130215171.
- 8 **Yang, K. H., Mun, J. S., Cho, M. S.** Effect of curing temperature histories on the compressive strength development of high-strength concrete // Advances in Materials Science and Engineering. – 2015. – Т. 2015.
- 9 **Brzhanov, R. T., Pikus, G. A., Traykova, M.** Methods of increasing the initial strength of winter concrete // IOP Conference Series : Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2018. – Т. 451. – №. 1. – С. 012083.
- 10 **Бржанов, Р. Т.** Особенности зимнего бетонирования // В сборнике : «Особенности современного этапа развития естественных и технических наук» – Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. в 2-х частях. – Под общей редакцией Е. П. Ткачевой. – 2018. – С. 39–42.

Material received on 02.03.20.

Бржанов Рашид Темержанұлы

т.ғ.к., доцент, Халықаралық ақпараттандыру академиясының академигі,
Ш. Есенова атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар
және инжиниринг университеті,

Ақтау қ., 130000, Қазақстан Республикасы,
e-mail: brzhanov@mail.ru
Материал баспаға 02.03.20 түсті.

Қысқы бетонның сыни беріктігін алуының мерзімін зерттеу

Бұл мақалада қысқы бетонның технологиялық ерекшеліктері қарастырылады. Бетон сыни беріктікке жеткенге дейін салқындату уақытын болжау үшін келесілер ескеріледі: бетонның модулі, бетонның бастапқы және соңғы температурасы, бетонның нақты жылуы, сыртқы температура, бетонды өңдеу түрі. Бетонның жылу оқшаулауының қосымша шығындары оның жылуды шығаруын, әр түрлі пішіндердің жылу өткізгіштігін ескере отырып қарастырылады.

Кілтті сөздер: қысқы бетондау, бетонның салқындату уақыты, сыни беріктігі, қысқы бетондау әдістері.

Бржанов Рашид Темержанович

к.т.н., доцент, академик Международной академии информатизации,
Каспийский государственный университет технологий
и инжиниринга имени Ш. Есенова,
г. Ақтау, 130000, Республика Казахстан,
e-mail: brzhanov@mail.ru
Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Изучение продолжительности набора зимнего бетона критической прочности

В данной статье рассматриваются технологические особенности зимнего бетонирования. Для прогнозирования времени остывания до набора бетоном критической прочности принимаются во внимание: модуль поверхности, начальная и конечная температура бетона, удельная теплоёмкость бетона, температуру наружного воздуха, тип опалубки бетона. Рассмотрены дополнительные расходы на теплоизоляцию бетона с учётом его тепловыделений, теплопроводимость тепла различных опалубок.

Ключевые слова: зимнее бетонирование, время охлаждения бетона, критическая прочность, методы зимнего бетонирования.

ГРНТИ 87.33.35

Бржанов Рашид Темержанович

к.т.н., доцент, академик Международной академии информатизации,
Каспийский государственный университет технологий
и инжиниринга имени Ш. Есенова,
г. Актау, 130000, Республика Казахстан,
e-mail: brzhanov@mail.ru

Софронова Людмила Ивановна

к.б.н., ст. преподаватель, кафедра «Горного дела, строительства и безопасность
жизнедеятельности», Факультет техники и технологий,
Кокшетауский государственный университет имени Ш. Уалиханова,
г. Кокшетау, 020000, Республика Казахстан,
e-mail: sofronova_lyda@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОЙ ОБСТАНОВКИ
ВБЛИЗИ ХВОСТОХРАНИЛИЩ СТЕПНОГОРСКОГО
ГИДРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА**

В статье рассматриваются вопросы, связанные с отходами производства Степногорского горно-металлургического завода. Наибольшую опасность для окружающей среды представляют радионуклиды, рассмотрены типы почв и их сопротивляемость и способность к накоплению радионуклидов. Также отмечается, что вредные радио изотопы распространяются через почву и атмосферу и предельные допустимые концентрации (ПДК) этих веществ уменьшаются от очага их хранения и это связано с тем, что различные почвы имеют различную проводимость этих вредных веществ. В статье также выявлены возможности для снижения влияния отходов СГМЗ на почву и растительность, а также атмосферу вблизи опасного источника радиационного заражения.

Ключевые слова: радиоэкологическая обстановка, радионуклиды, радиоактивные элементы, хвостохранилища.

ВВЕДЕНИЕ

При изучении радиоэкологической обстановки в регионах промышленной добычи и переработки урана особо продуктивными являются исследования радиоактивности в системе «почва-растения». В биологической цепочке почва является одним из путей, через который радионуклиды проникают в кормовые и пищевые растения, а через них в организм животных и человека. Поэтому анализ и изучение путей поступления радионуклидов и тяжёлых металлов в почву, основных закономерностей их поведения, накопления и миграции по трофическим цепочкам являются актуальными. Важнейшими и самыми распространёнными естественными радиоактивными элементами в почве, как и в природе, являются: калий и тяжёлые радиоактивные элементы (уран, торий, полоний, радий, свинец) [1–4].

С процессами миграции связано и понятие фиксации радионуклидов почвой, так как чем больше степень фиксации элемента твёрдой фазой почвы, тем меньше его участие в миграционных процессах, а, следовательно, он прочнее и дольше удерживается [5].

Почвы исследуемой территории – чернозёмы обыкновенные солонцеватые, темно- и светло-каштановые. Почвообразующими породами чернозёмов обыкновенных солонцеватых являются тяжёлые засоленные суглинки и глины. Особенностью их является присутствие на глубине 15–30 см плотного горизонта тёмно-бурой окраски и глыбисто-комковатой структуры. Мощность всего гумусового горизонта равна 45–60 см, а верхнего горизонта – 15–30 см. Солонцеватые чернозёмы имеют средний и тяжелосуглинистый состав.

Такие почвы отличаются высоким содержанием гумуса и азота, однако с глубиной эти показатели резко уменьшаются. Установлено, что среди основных типов почв чернозёмы обладают высокой степенью устойчивости к загрязнению вообще и тяжёлыми металлами в частности. Однако они не всегда способны противостоять воздействию загрязняющих веществ на их свойства [6].

Тёмно-каштановые почвы отличаются каштановой окраской верхних горизонтов, зернисто-комковатой структурой и имеют преимущественно среднесуглинистый механический состав. Максимальное содержание илистой фракции отмечается в уплотнённом солонцеватом горизонте. Мощность гумусового горизонта 30–60 см. Такие почвы характеризуются малой подвижностью питательных веществ [7].

По результатам многократных обследований выявлено, что поверхностные слои почвы глубиной до 10 см с северной и северо-восточной сторон от дамбы хвостохранилища загрязнены мышьяком до 430 ПДК, молибденом до 16 ПДК, загрязнения почвы ураном не обнаружено (ПДК – предельно-допустимая концентрация элементов в почве: мышьяка – 2 мг/кг, молибдена – 2 мг/кг).

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Обследование территории вокруг хвостохранилища гидрометаллургического завода к северу и востоку от него показало, что максимальные содержания естественных радионуклидов отмечены на участках, прилегающих к дамбам, в границах растекания фильтрационных вод в северном и северо-восточном направлениях по естественным понижениям рельефа. Среднее значение удельной суммарной альфа-активности радионуклидов (УСАА) в почве составляло 700±800 Бк/кг.

В пробах, отобранных по ближайшему к северной дамбе профилю, содержание загрязняющих веществ составляло 750 мг/кг по мышьяку и 740 мг/кг по молибдену. Содержание Mo и As в почве за пределами зоны периодического затопления по мере удаления от хвостохранилища снижается до фоновых значений 5 мг/кг.

Максимальная концентрация загрязняющих веществ характерна для северо-восточной части границы санитарно-защитной зоны, попадающей под влияние господствующих юго-западных ветров. Следует отметить, что часть указанной аномальной зоны (пикеты 7–12) представляет на местности ложе Сулукамьского тальвега, по которому распространялись, до устройства в 1985 году дренажной системы, фильтрующиеся из хвостохранилища воды с высокими концентрациями As и Mo и фоновыми значениями радиоактивности. Результаты исследования проб почвы с этого участка, проведенные в 1987 г, указывают на аномальные концентрации As и Mo, при фоновых значениях УСАА.

В южном направлении от хвостохранилища расположены селитебные зоны: поселки Заводской, Аксу, Кварцитка, г. Степногорск. На протяжении всей южной границы хвостохранилища величина УСАА и концентрации As и Mo фоновые, лишь в восточном окончании границы фиксировались повышенные содержания As (2–2,5 фона) и Mo (1,5 фона). Общеизвестно, что мышьяк является неотъемлемым спутником золота, поэтому, учитывая, что эта часть санитарно-защитной зоны наиболее приближена к месторождению золота, данное повышение может отражать соответствующую геохимическую обстановку [8].

Анализ полученных данных позволяет сделать предварительный вывод о том, что распространение загрязняющих веществ в южном направлении воздушным путем, обусловленное пылением хвостохранилища, незначительно и его воздействие на почвы не распространяется далее границы санитарно-защитной зоны.

В 2017 г. с целью проведения регулярных наблюдений над влиянием хвостохранилища на компоненты экосистемы, в том числе и на почвы, была вынесена на местность санитарно-защитной зоны хвостохранилища, которая закреплена металлическими маркерами (пикетами). Всего по периметру установлено 98 маркеров с шагом 200 м, таблица 1.

Таблица 1 – Концентрации загрязняющих веществ в почве, 2010 г.

Направление	U	Th	Ra	УСАА	As	Mo
	мг/кг		Бк/кг		мг/кг	
Западное (1,5÷2 км от хвостохранилища)	2,0	4,4	275	1370	10,0	2,0
Северо-восточное (50÷100 м от хвостохранилища)	8,5	6,3	331	1954	40,0	5,0
Южное (50÷100 м от хвостохранилища)	3,7	5,0	68	580	10,0	2,0
ПДК	-	-	-	850	2	2

В 2017 году на пикетах по периметру санитарно-защитной зоны хвостохранилища был произведён отбор поверхностных проб (глубиной до 3 см), в которых производилось определение УСАА, содержание мышьяка и молибдена.

Пробы хвостов для определения удельной суммарной альфа-активности отбирались на карте №1, а пробы почвы – в санитарно-защитной зоне севернее и южнее этой карты, севернее и северо-восточнее карты №2 и за пределами санитарно-защитной зоны. Результаты удельной суммарной альфа-активности представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Удельная суммарная альфа-активность радионуклидов, 2017 г.

№ пробы	Место отбора пробы	Мощность дозы γ -излучения, мкР/ч	УСАА, Бк/кг
1	2	3	4
На южном участке (4) карты №1			
1	Возле пульповыпуска, карта №1	580	107,9
2	50м от пульповыпуска, карта №1	700	46,9
3	80м от пульповыпуска, карта №1	743	82,9
4	130м от пульповыпуска, карта №1	1150	113,2
5	200м от пульповыпуска, карта №1	1740	198,2
6	150м от южной дамбы	480	48,7
7	100м от южной дамбы	460	60,1
В СЗЗ севернее карты №1, севернее и северо-восточнее карты № 2, за пределами СЗЗ			
8	40 м севернее дамбы, карта №1	185	29,4
9	Подножье северной дамбы, карта №1	414	60,1
10	150 м севернее дамбы, карта №1	46	17,1
11	220 м севернее дамбы, карта №1	44	15,4
12	300 м севернее дамбы, карта №1	37	11,4
13	400 м севернее дамбы, карта №1	24	5,3
14	550 м севернее дамбы, карта №1	18	10,1
15	750 м севернее дамбы ,карта №1	16	4,4
В санитарно-защитной зоне (СЗЗ) южнее карты № 1			
16	500м южнее карты №1	12	10,1
17	100 м южнее карты №1	42	13,6
18	Подножье южной дамбы карты №1	75	25,9
На северном участке (6) карты №1			
19	50 м от северной дамбы	490	47,4
20	100 м от северной дамбы	510	43,9
21	150 м от северной дамбы	500	43,4
22	150 м от северной дамбы (поверхностный слой)	540	45,2
23	150 м от северной дамбы (шурф на глубине 1 м)	455	48,2
24	150 м от северной дамбы (шурф на глубине 3 м)	240	25,4
25	800 м севернее дамбы, карта №2	18	4,8
26	100 м северо-восточнее карты №2	24	14,9
27	400 м северо-восточнее карты №2	15	16,2
28	200 м северо-восточнее карты №2	16	19,3

Из таблицы 2 видно, что на южном участке карты №1 УСАА составляет от 46,9 до 198,2 Бк/кг, на северном участке – от 25,4 до 48,2 Бк/кг. Отношение УСАА/МЭД (мощность экспозиционной дозы) на обоих участках равно 0,106 Бк·ч/(кг·мкР).

Таким образом, среднее значение УСАА в урановых хвостах на участках карт находится в пределах от 44,2 до 57,9 Бк/кг. В соответствии с «Санитарно-гигиеническими требованиями по обеспечению радиационной безопасности» республики Казахстан такие материалы, в частности, грунты относятся к низкоактивным отходам (УСАА от 10 до 100 Бк/кг) [5].

В северо-восточном направлении от карты №2 даже на расстоянии 2 км от нее УСАА превышает фон. Однако, рекультивация земель в санитарно-защитной зоне и за ее пределами в настоящее время бесполезна, так как при ветровой эрозии осушенных хвостов на испарительной карте и карте № 1, а в перспективе и на карте № 2, рекультивированные земли будут загрязняться радионуклидами.

На основании измерений нами были составлены графики удельной суммарной альфа-активности радионуклидов (УСАА) в урановых хвостах и почве и рассчитаны уравнения корреляции. Результаты представлены на рисунках 1–3.

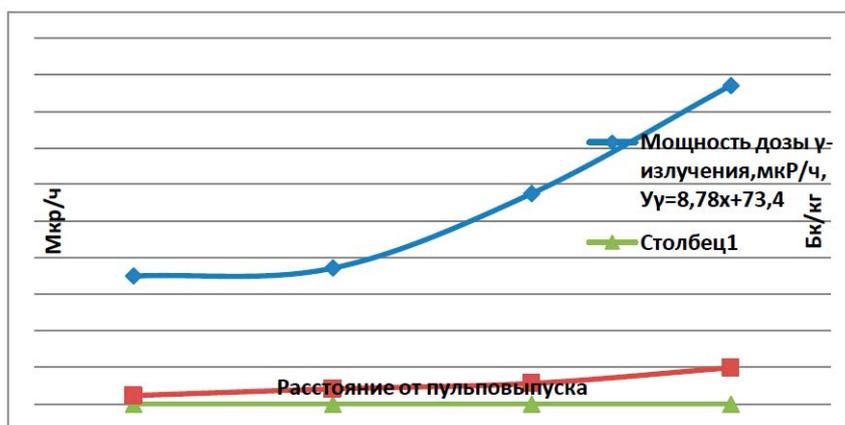


Рисунок 1 – Удельная суммарная альфа-активность на южном участке карты № 1

Из диаграммы рисунка 1 видно, что на южном участке карты №1 УСАА хвостов составляет от 46,9 до 198,2 Бк/кг. Установлена очень тесная корреляционная зависимость дозы α -излучения и расстояния от пульповыпуска. Коэффициент корреляции r составил 0,99 [7].

МЭД γ -излучения находится в пределах от 700 до 1740 мкР/ч. Здесь также установлена тесная корреляционная связь. Коэффициент корреляции $r=0,98$.

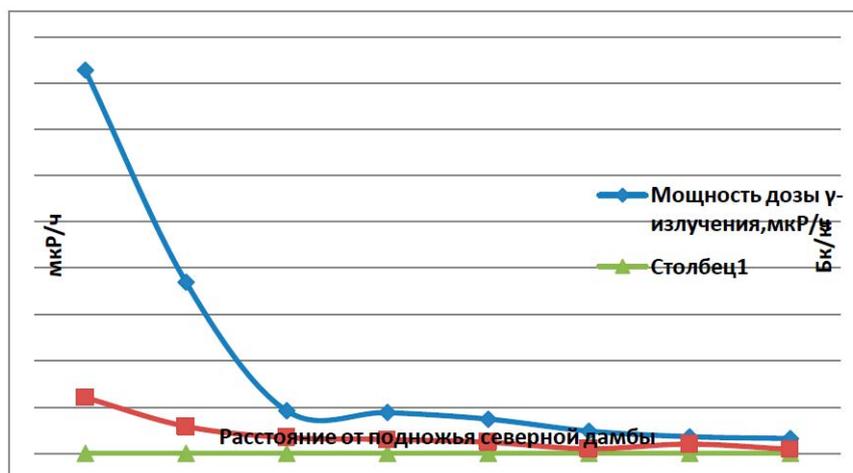


Рисунок 2 – Удельная суммарная альфа-активность в санитарно-защитной зоне севернее карты 1

Значение УСАА в санитарно-защитной зоне севернее карты 1 уменьшалось в пределах от 60,1 до 4,4 Бк/кг. Корреляционный анализ показал, что за пределами СЗЗ показатели будут близки к фоновому значению. Установлена тесная обратная корреляционная зависимость.

Показатель мощности дозы γ -излучения снижался более интенсивно и колебался от 414 до 16 мкР/ч.

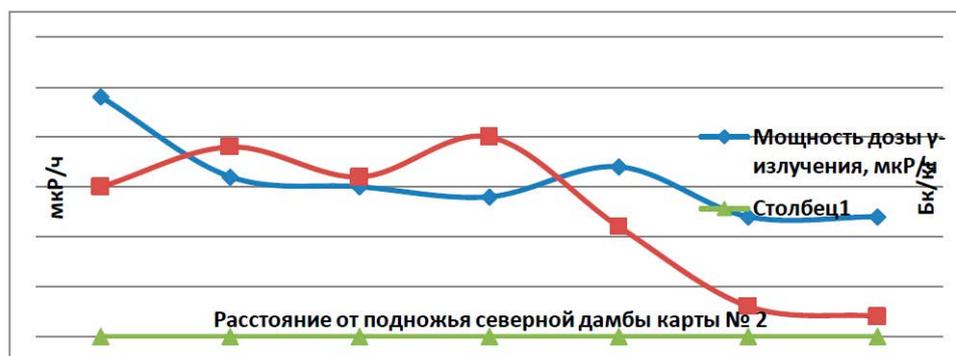


Рисунок 3 – Удельная суммарная альфа-активность на северо-восточном участке карты 2

На рисунках 1–3 показаны величины отношений, определённых в пробах почв УСАА, и концентраций элементов к их фоновым значениям. С учётом существующей геохимической аномалии, обусловленной наличием в рассматриваемом районе месторождений золота и урана, за фоновые значения были приняты следующие величины: УСАА=0,85 Бк/кг; As=10 мг/кг; Mo=20 мг/кг [8].

Как видно из приведённых данных максимальными концентрациями загрязняющих веществ характеризуется северо-восточная часть границы санитарно-защитной зоны.

Здесь величина УСАА фиксируется в пределах от 2 до 5,5 фонов, концентрация мышьяка от 30 до 1035 мг/кг (3-103 фона), молибдена от 25 до 691 мг/кг (1,2–34 фона).

Результаты анализа «глубоких» проб подтвердили распространение загрязнения в северо-восточном направлении по Сулукамысскому тальвегу: УСАА почв составляют 0,72–1,92 Бк/кг, при средней величине равной 1,3 Бк/кг; концентрации мышьяка в почве варьируют от 15 до 510 мг/кг, при среднем значении 125 мг/кг; концентрации молибдена – от 22 до 246 мг/кг, в среднем – 62 мг/кг.

Анализ приведённых графиков показывает, что около 3 км² в пределах санитарно-защитной зоны загрязнены по величине УСАА и другим химическим веществам и требуют проведения рекультивационных работ [9].

Формирование зоны загрязнения, выходящей за пределы СЗЗ, обусловленного стоком фильтрующихся вод по Сулукамысскому тальвегу, происходило до устройства дренажной завесы в 1985 году.

Был произведён отбор поверхностных проб почв (глубиной до 3 см) в пикетах по периметру санитарно-защитной зоны хвостохранилища. Содержание загрязняющих веществ в почве на северной, южной и восточной границе санитарно-защитной зоны хвостохранилища приведено в таблице 3.

Таблица 3-Содержание загрязняющих веществ в почве на границе СЗЗ, 2008 г.

Номер пикета	УСАА, Бк/кг	As, мг/кг	Mo, мг/кг
1	2	3	4
Северная граница			
1	1,22	-	24,5
2	1,76	-	23,8
3	2,1	-	24,6
4	1,79	-	35,6
5	2,4	36,6	45,0
6	2,53	26,0	40,6
7	2,84	35,1	30,6
8	4,88	103,0	41,9
9	5,86	638,0	231,3
10	2,1	201,0	75,0
11	2,0	223,0	73,1
12	3,13	24,9	36,3
13	2,3	17,1	25,6
14	3,11	42,7	29,4
15	1,84	13,7	24,4
16	2,41	20,4	28,1
17	1,42	13,2	35,6
18	1,51	11,2	81,9
19	2,01	10,4	33,1
20	1,57	8,0	44,4
21	1,79	59,0	48,8
22	1,29	131,0	48,8
23	1,09	6,9	25,0

24	1,18	6,7	23,8
25	0,89	9,0	20,0
Южная граница			
26	0,5	10,6	24,2
27	0,75	7,1	32,6
28	0,78	5,6	25,0
29	0,58	6,9	20,5
30	0,79	9,3	11,5
31	0,48	9,6	15,0
32	0,83	13,4	18,0
33	0,73	9,0	15,0
67	0,57	17,6	15,0
68	0,82	46,2	16,3
69	0,66	52,6	15,0
70	0,51	35,6	15,0
71	0,54	53,3	14,5

Данные таблицы 3 подтверждают распространение загрязнения почв в северном и северо-восточном направлении. Максимальная величина УСАА на северной границе СЗЗ составляет 4,88 Бк/кг, при среднем значении 1,2 Бк/кг; максимальная концентрация мышьяка составляет 600 мг/кг, а молибдена – 230 мг/кг.

Сравнение концентраций загрязняющих веществ, полученных в 2017 г., с аналогичными показателями, полученными в 2004 г, показывает, что уровень загрязнения почвы в СЗЗ хвостохранилища понизился [10].

Такое снижение концентраций свидетельствует о прекращении загрязнения почвы со стороны хвостохранилища. Снижение концентраций загрязняющих веществ в почвах происходит за счет вымывания загрязнения из почвы тальми водами и атмосферными осадками и переноса их на более далекие расстояния по Сулукамысскому тальвегу [11].

ВЫВОДЫ

В этой статье представлены основные загрязняющие отходы производства Степногорского гидрометаллургического завода. Выявлены ореолы распространения радионуклидов через почву и атмосферу.

Исследования радиационной обстановки территорий вблизи промышленных объектов Степногорского гидрометаллургического завода показали неравномерный характер загрязнения почвы. Радионуклидами-загрязнителями при этом чаще всего являются уран ^{238}U , ^{235}U и его изотопы ^{226}Ra , ^{210}Pb , ^{230}Th , из других химических элементов регистрировались Co, Si, Zn, Cd, As, Ni, Mo, As.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Экологическая обстановка Северо-Казахстанской области // Информационный экологический бюллетень. – Алматы : Издание Министерства экологии и природных ресурсов, 1998. – № 1. – С. 10.

2 Елубай, М. А., Сулейменов, М. А., Киккуева, А. Ж., Толегенов, Д. Т., Толегенова, Д. Ж., Нурмаханбетова, Д. Е. Исследование состава солей тяжелых металлов в питьевой воде // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 2. – С. 114–125.

3 Казымбет, П. К., Бахтин, М. М., Кашкинбаев, Е. Т., Джанабаев, Д., Даутбаева, Ж. С., Шарипов, М. К. Радиационная обстановка на хвостохранилище степногорского горно-химического комбината и прилегающих территориях. Сообщение I // Медицинская радиология и радиационная безопасность. – 2018. – Т. 63. – № 1. – С. 40–47.

4 Kossanova, I. M., Akhmediyanov, A. U., Kirgizbayeva, K. Zh., Dzhaksymbetova, M. A. Water treatment from heavy metals by means of magnetic device // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 4. – С. 61–69.

5 Ярмоненко, С. П. Радиобиология человека и животных / С. П. Ярмоненко, А. А. Вайнсон. – М. : Высшая школа, 2004. – 530 с.

6 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.6.6.1169-02

7 Шойхет, Я. Н. Иммунная система населения, подвергшегося радиационному воздействию на следе ядерного взрыва / Я. Н. Шойхет, В. А. Козлов, В. И. Коненков. – Барнаул : НИИ региональных медико-экологических проблем, 2000. – 179 с.

8 Шарипов, С. М., Сейсебаев, А. Т., Шартыхбаев, М. Ж. Проект нормативов предельно допустимых выбросов радионуклидов ГМЗ Степногорского горно-химического комбината. – Астана, 2005. – С. 8–32.

9 Ernst W.H.O. // Biomarkers : A Pragmatic Basis for Remediation of Severe Pollution in Eastern Europe/ Ed : Peakal D. B., Walker C. H., Migula P. Kluwer Academic Publishers and Dordrecht. – 1999. – P. 135–151.

10 Степногорский горно химический комбинат. Проект рекультивации испарительной карты хвостохранилища ГМЗ методом гидронамыва нерадиоактивных отходов медно-молибденового производства. Этап 4. Радиационные обследования хвостохранилища. Разработка рекомендаций по радиационной безопасности (арх. № ПТ-71208). – Ташкент : Фонды O'zGEOTEXLITI, 2017.

11 Landa, E. R. Isolation of uranium mill tailings and their component radionuclides from the biosphere // US Geol. Surv. Circ. – 1980. – Vol. 814. – N 11. – P. 1424.

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Бржанов Рашид Темержанұлы

т.ғ.к., доцент, Халықаралық ақпараттандыру академиясының академигі,
Ш. Есенова атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг
университеті, Ақтау қ., 130000, Қазақстан Республикасы,
e-mail: brzhanov@mail.ru

Софронова Людмила Ивановна

б.ғ.к., аға оқытушы, «Тау-кен ісі құрылыс және ТҚ» кафедрасы,
Техника және технологиялар факультеті,
Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті,

Көкшетау қ., 020000, Қазақстан Республикасы,
e-mail: sofronova_lyda@mail.ru
Материал баспаға 02.03.20 түсті.

Степногорск гидрометаллургиялық зауытының қалдық қоймаларының жанындағы радиациялық жағдайды зерттеу

Мақалада Степногорск қаласыныңда ораласқан Тау метал комбинатының (СТМК) өндірістік қалдықтарымен қоршаған ортаға ең үлкен қауіп радионуклидтер болып табылады. Топырақ түрлері және олардың тұрақтылығы мен радионуклидтердің жинақталу қабілеті қарастырылған. Соныменқатар, зиянды радиоизотоптардың топырақ пен атмосфера арқылы таралуы және осы заттардың шекті рұқсат етілетін концентрациясы (ШРК) оларды сақтау көздерінен төмендейді және бұл әртүрлі топырақтардың осы зиянды заттардың әртүрлі өткізгіштігіне байланысты. Мақалада сондай-ақ СТМК қалдықтарының топырақ пен өсімдіктерге әсерін азайту мүмкіндіктері, сондайақ қауіпті радиациялық инфекция көзі жанындағы атмосфера қарастырылған.

Кілтті сөздер: радиоэкологиялық жағдай, радионуклидтер, радиоактивті элементтер, қалдықтар қоймасы.

Brzhanov Rashit Temerzhanovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Academician of the International Academy of Informatization,
Caspian State University of Technology
and Engineering named after S. Esenov,
Aktau, 130000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: brzhanov@mail.ru

Sofronova Liudmila Ivanovna

Candidate of Biological Sciences, senior lecturer,
Department of «Mining, Civil Engineering and Life Safety»,
Faculty of Engineering and Technology,
Sh. Ualikhanov Kokshetau State University,
Kokshetau, 020000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: sofronova_lyda@mail.ru
Material received on 02.03.20.

Study of radiation conditions near the tailings of the Stepnogorsk hydrometallurgical plant

The article discusses issues related to the production waste of Stepnogorsk Mining and Metallurgical Plant (SMMP). The greatest danger to the environment is represented by radionuclides. Soil types and their resistance and ability to accumulate radionuclides are considered. It is also noted that harmful radioisotopes spread through the soil and atmosphere and the maximum permissible concentration (MPC) of these substances decreases from the source of their storage and this is due to the fact that different soils have different conductivity of these harmful substances. The article also identifies opportunities to reduce the impact of SMMP wastes on soil and vegetation, as well as the atmosphere near a dangerous source of radiation infection.

Keywords: radioecological situation, radionuclides, radioactive elements, tailings

Нұрман Ернұр Алматылы

магистрант, Машиностроительный факультет,
кафедра «Нанотехнологии и металлургия»,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан,
e-mail: madiyar-1984@mail.ru

Альжанов Марат Кайдарович

к.т.н., доцент, преподаватель, Машиностроительный факультет,
кафедра «Нанотехнологии и металлургия»,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100027, Республика Казахстан,
e-mail: m.k.alzhanov@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ
ФОРМОВОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ШЛАМОВ
ОБОГАЩЕНИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО СЫРЬЯ**

В статье исследованы возможности получения формовочных изделий на основе шламов обогащения железорудного сырья, как наиболее эффективного, недорогого направления литейного производства. С каждым годом сокращаются объёмы природных ресурсов для металлургии и остро встаёт вопрос поиска новых источников железорудного сырья для производства металлических изделий. Применение шламов обогащения железорудного сырья позволяет сократить объёмы отходов, снизить уровень экологического воздействия на окружающую среду, сократить затраты производства, в том числе и повысить в некоторых случаях качество формовочных изделий. На протяжении всего технологического процесса производства формовочных изделий в металлургии сопровождается огромными объемами отходов в разных видах и самыми большими являются шламы обогащения железорудного сырья.

Также представлен анализ применения метода брикетирования пылевых отходов и шламовых отходов для дальнейшего производства формовочных изделий.

Ключевые слова: формовочные изделия, шихта, шламы, обогащение, железорудное сырьё, оптимизация, брикетирование, литейное производство.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день актуальным становится вопрос исследование возможности использования отходов силикатного производства, в частности шламов обогащения железорудного сырья.

В современных условиях стремительного развития рыночных взаимоотношений во всех странах мира в особенности остро встает такая проблема, как проблема развития и совершенствования промышленного производства (в том числе литейного), повышения уровня его эффективности на базе создания и внедрения новых инновационных технологий и повышения качества продукции [1].

Главной тенденцией современного машиностроения считается разработка нового оборудования с более высокими рабочими характеристиками на основе

производства деталей и заготовок, которые обладают необходимым уровнем физико-механических, технологических и потребительских параметров.

А в условиях стремительно ухудшающейся экологической обстановки в регионе, сокращения сырьевой базы, непрерывного роста производственных и транспортных расходов наиболее актуальными являются именно проблемы утилизации влажных отходов (шламов) от металлургической и сталепрокатной промышленности.

Ежегодно образуются миллионы тонн металлосодержащих отходов (шламов) от производства черных металлов и их сплавов, тем самым загрязняя окружающую среду, ухудшая экологическую обстановку, и вызывая потребность в существенных расходах на их хранение.

Вследствие этого сбор, подготовка и применение подобных отходов дают возможность существенно снизить неблагоприятное их влияние на окружающую природу и людей, кроме того, значительно повысить эффективность многих металлургических процессов.

Одной из таких возможностей является получение формовочных изделий на основе шламов обогащения железорудного сырья.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Металлургические шламы, которые используются как сырье для дальнейшего, это продукт смыва пылевидных отходов металлургического производства в различных цехах предприятия. Формируясь в различных термодинамических условиях на различных металлургических агрегатах, шламы охарактеризовываются большим разнообразием их химического и минерального состава.

Образование отходов обогащения железных руд происходит во время мокрой и сухой магнитной сепарации горных пород. Магнитная часть руды передается на агломерацию и затем применяется в металлургической промышленности, а минеральная часть отправляется на отвалы. Структурный состав отходов обогащения железорудного сырья представлен минеральной кварцевой составляющей, в которую входят глинистые примеси, железорудные вещества, немного карбонатных и полевошпатных компонентов. Такие отходы включают также и ряд особо ценных компонентов для металлургии, вследствие этого их требуется сначала дообогащать, а остальную часть применять как сырье для строительной индустрии [2, 3].

В небольшом объеме шламы вторично применяются как компонент агломерационной шихты. По итогам многих исследований можно выделить, что входящие в состав шламов различные природные и техногенные компоненты возможно поделить на 3 группы:

1 группа – железосодержащие минералы (к ним относятся: металлическое железо, вюстит, магнетит, магхемит, гематит, ферриты кальция и магния, гидроксиды железа и другие - всего более двадцати минеральных фаз, которые существенно отличаются по своему химическому составу и основным физическим свойствам (к примеру, плотности, магнитным параметрам и прочим);

2 группа – органогенные компоненты (такие, как: коксовая пыль и технические масла);

3 группа – нерудные минеральные компоненты (к ним можно отнести: силикаты магния и железа, моно- и двухкальциевый силикаты, тридимит, кварц, кристобалит, силикатное и железосиликатное стекло, сульфаты, гидратированная известь, графит, глинистые минералы, карбонаты, галогениды, цинкит и прочие) [4, 5].

При этом первые две группы предполагают коммерческий интерес для металлургии, в частности их компоненты – железорудные и энергетические составляющие шламов.

Более 55 % шламов составляют железосодержащие минеральные фазы. 15 % составляют органические компоненты, а 30 % – нерудные компоненты. При этом в составе шламов практически от 30 до 60 % может быть общее содержание железа. В шламе также можно встретить следующие элементы: $MnO - 0,2...0,7\%$; $CaO - 8...20\%$; $MgO - 0,5...3,5\%$; $SiO_2 - 3...15\%$; $Al_2O_3 - 0,2...1,5\%$. Высокое содержание вредных примесей в шламах являются негативной характеристикой. Это оксиды натрия и калия, медь, сера, свинец, фосфор, цинк и другие, составляя объем до 0,4...2,0%.

Железосодержащие минеральные фазы шламов можно разделить на ферро- и ферримангнетики. Ферромагнетики – металлическое железо, магнетит, магхемит и другие. Ферримангнетики – мартит, железная слюдка, вюстит, гетит, ферриты и другие. Плотность железосодержащих фаз сравнительно высокая – 4000–5500 кг/м [6].

Отталкиваясь от исследований и полученных значений физических характеристик минералов, входящих в состав шламов, их гранулометрического состава, структурных и текстурных специфик, их возможно использовать повторно для обогащения, а также последующей плавки и производства формовочных изделий.

Последующее применение железорудного сырья, полученного из шламов в металлургическом переделе возможно лишь только после его окучкования, осуществляемое, чаще всего, методом брикетирования.

Существует множество методов использования отходов в литейном производстве. В последние годы наиболее чаще всего используется метод производства металлопроката с использованием брикетов в процессах горячего прессования, гидроштамповки, холодной объёмной штамповки. А, как брикеты в процессах промышленного рециклинга твёрдых техногенных отходов применяются утрамбованные пылевые отходы, шламы обогащения железорудного сырья и другое.

Высокоплотные механические смеси могут использоваться как исходные заготовки при производстве металлопроката.

Высокоперспективный рост литейного производства определил потребность новых научных изысканий и поиска новых специальных методов повышения комплекса механических и химических свойств деталей, произведённых на основе порошкового сырья или брикетированного.

Подобный метод порошковой металлургии, а, собственно, процессы брикетирования порошковых железосодержащих материалов, даёт возможность получать механические плотноупакованные системы регламентированной структуры, при данном стоит выделить, что на сегодняшний день мало изучены и развиты теория и практика образования структур теоретической плотности,

которые имеют прочные межчастичные диффузионные связи с образованием более эффективного ювенильного контакта.

Наиболее широкому внедрению подобного метода сейчас препятствует плохая изученность этого процесса, отсутствие каких-либо математических моделей процесса уплотнения, а также моделей и критериев установления межчастичного сращивания при структурировании материала.

Отходы (шламы) сталеплавильного производства образуются буквально на каждом технологическом участке производства, от плавки металла (в том числе учитывая транспортировку и подготовку сырьевых материалов) и до чистовой обработки готового металлопроката (к примеру, на станах холодной и горячей прокатки) [7]. Особую категорию отходов составляют шламы обогащения железорудного сырья.

Стоит выделить, что процессы добычи рудных ископаемых зачастую могут угрожать экологии, природным ландшафтам, а отходы добычи – это самый крупный поток добычи ископаемых для литейного производства. Без руды нет производства. А на сегодняшний день эти ресурсы стремительно сокращаются, угрожая полностью исчезнуть по многим элементам таблицы Менделеева. А, следовательно, будет сокращаться и литейное производство, пока совсем не исчезнет, как особо важный вид промышленности.

Поэтому осуществление рециклинга образуемых техногенных отходов будет являться самым выгодным методом продления жизненного цикла металлов. Он обеспечивает экономию первичного сырья и снижение объёма добычи железосодержащей руды, а также устраняет неблагоприятное влияние на окружающую среду и людей.

Перерабатывание вторичного железорудного сырья к тому же и наиболее экономически безопасна, чем литейное производство из первичного металлического сырья.

При ежегодном мировом производстве стали в 800 млн. тонн, 300 млн. тонн производится на базе скрапа (по большей части из первичного). В связи с растущим дефицитом первичного скрапа увеличение объёмов литейного производства представляется возможным только лишь при применении наиболее перспективных технологий и методов глубокой переработки и утилизации своих собственных отходов на предприятиях (железорудные шламы, окалина от прокатки листа могут иметь в своём составе практически до 65 % содержания железа, что говорит об их более высокой металлургической ценности. Главными техногенными железорудными отходами литейных предприятий считаются:

- 1 Пыль доменная (из системы газоочисток);
- 2 Пыль конвертерная (из системы газоочисток); обычно, железорудная пыль может быть или сухой, или влажной (с влажностью до $W=8...15$ % массовой доли);
- 3 Шламы обогащения железорудного сырья;
- 4 Окалина прокатная (от системы отстойников) в состояниях: пастообразном, твёрдом.

Содержание железа в железорудном сырье из отходов производства может составлять 45...60 % масс. доли [8]. В данном случае выделим, что применение при плавке стали (или же чугуна) вышеприведённых отходов (пункты 1, 2, 4) в исходном составе как вторичного сырья исключается, так как резко может вырасти «уход металла» (тонкодисперсного и окисленного) в шлаки; может установиться более высокая поверхностная плотность засыпаемой завалочной массы (то есть образуется корка), что очень резко ухудшит газодинамические условия плавки (то есть продуваемость металла):

- снизится производительность печей;
- существенно вырастет продолжительность завалки;
- значительно вырастет трудоёмкость транспортирования пылевидной шихты [9].

Практикой литейного производства можно отметить то, что уменьшение в завалке мелочи (≤ 5 мм) в среднем на 1 % может привести к снижению расхода кокса на 0,3...0,4 % и росту уровня производительности на 0,4...0,5 %. Подобные показатели достигаются за счёт использования брикетов из отходов литейного производства.

Рядом авторов также выделяется более высокая потребительская ценность подобных брикетов как ключевого продукта утилизации тонкодисперсных отходов чёрной металлургии на плавку как вторичное (возвратное) металлосырьё [10]. При данном процессы брикетирования (то есть прессования) шламов обогащения железорудного сырья очень технологичны, так как качество брикетов незначительно зависит от гранулометрического состава и влажности исходных материалов. Для достижения более высоких технико-экономических показателей плавки брикеты обязаны отвечать ряду требований:

- высокой механической прочностью для обеспечения сопротивления нагрузке, которая появляется при их транспортировании от брикетировочного пресса в шихтовые вагоны и загрузке в печь;
- возможности отсева не более 10 % [11, 12].

К примеру, среди шламовых техногенных железосодержащих отходов, образующихся при обработке конструкционных легированных сталей, одним из наиболее технологичных является шлам подшипниковой стали ШХ15. Технологичность этих отходов связана прежде всего с их исключительной однородностью по составу и свойствам, так как в основном производстве подшипниковых заводов доля стали ШХ15 и её близких аналогов в общей массе подшипниковых сталей превышает 90 %. Эффективность изготовления порошковых изделий из отходов подшипникового производства подтверждена расчётами.

ВЫВОДЫ

Таким образом, проведённое исследование возможностей получения формовочных изделий на основе шламов обогащения железорудного сырья. Было выделено, что применение шламов обогащения железорудного сырья для производства формовочных изделий является наиболее эффективным и недорогим методом производства.

К главным задачам относится обеспечение оптимальной кусковатости металлургического сырья (аглокуда, концентрат, другие компоненты металлургической шихты). Для железорудного сырья это достигается путем производства из него окатышей, агломерата, брикетов. Был изучен весь процесс брикетирования из шлама обогащения железорудного сырья.

Полученные брикеты из шлама, обладают следующими данными содержания:

- железа общего не меньше 60 %;
- диоксида кремния не больше 7,0 %;
- серы не больше 0,01 %; не меньше 200 кг/бр.

Полученный таким образом продукт имеет ряд преимуществ:

- дешевизна;
- безотходность;
- отсутствие высоких температур при изготовлении;
- благоприятное воздействие на окружающую среду.

Также вполне очевидным плюсом использования подобной технологии считается не только лишь утилизация шлама, но и последующее применение произведённых брикетов.

Подобные брикеты производятся крайне редко, их производство пока ещё не распространённо. Принимая во внимание, что производители металлургической продукции испытывают острую потребность в данной изготавливаемой продукции, брикеты считаются наиболее дешёвым сырьём и то, что такой метод не спровоцирует каких-либо сложностей в освоении любыми предприятиями, возможно допустить, что производство подобных брикетов из шлама будет особо эффективным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Абрамов, А.** Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых [Текст] : учебное пособие / А. Абрамов. – М. : Litres, 2017. – Т. 2. – 380 с.

2 **Арынгазин, К. Ш., Ларичкин, В. В., Алдунгарова, А. К., Свицерский, А. К., Быков, П. О., Богомолов, А. В., Тлеулесов, А. К., Маусымбаева Д. К.** Инновационное использование твердых техногенных отходов предприятий теплоэнергетики и металлургии Павлодарской области в производстве строительных материалов // Наука и техника Казахстана, 2016 – № 3–4. – С. 34–39.

3 **Касенов, А. Ж., Тлеулесов, А. К., Ахметбек, А. Н.** Производство бетона из отходов АО «Алюминий Казахстана» // Наука и техника Казахстана – 2018. – №1 – С. 61–75

4 **Амосова, Ю. Е.** Разработка технологии использования, без предварительного восстановления, металлической составляющей шлаковых отвалов при сталеплавильном производстве [Текст] / Ю. Е. Амосова. – Е. : Вестник Южно-Уральского государственного университета, 2016. – 220 с.

5 **Арынгазин, К. Ш., Станевич, В. Т., Тлеулесов, А. К., Куандыков, А. Б., Шапихова, Н. Е.** Исследование процессов производства бетонных изделий на основе сталеплавильных шлаков // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 4. – С. 43–49

6 **Антонян, А. Л.** Окомкование пылевидных рудных материалов [Текст] / А. Л. Антонян. – Е. : Вестник Южно-Уральского государственного университета, 2017. – 180 с.

7 **Боброва, З. М.** Применение отходов горно-металлургических и металлургических производств в целях рационального природопользования [Текст] / З. М. Боброва и др. // Известия уральского государственного горного университета. – Е., 2015. – № 4 (40). – С. 67–78.

8 **Кокорин, В. Н.** Процессы переработки металлосодержащих отходов производств черной металлургии и прокатки стального листа с использованием процессов ОМД [Текст] : Учебное пособие / В. Н. Кокорин, Е. М. Булыжев, Е. П. Терешенок. – У. : УлГТУ, 2011. – 64 с.

9 **Мысик, В. Ф.** Ресурсы и подготовка лома к плавке стали [Текст] / В. Ф. Мысик, А. В. Жданов. – М., 2017. – 480 с.

10 **Ровин, С. Л.** Создание собственной сырьевой базы для литейного производства машиностроительных предприятий [Текст] / С. Л. Ровин и др. // Литье и металлургия. – М., 2018. – № 2 (91). – С. 124–132.

11 **Силаева, О. В.** Организационно-экономические аспекты развития металлургии на базе металлоотходов металлургических комбинатов [Текст] / О. В. Силаева, В. П. Третьякова, М. К. Какимов // Экономика в промышленности. – М., 2015. – № 1. – С. 110–115.

12 **Арынгазин, К. Ш., Карпов, В. И., Акишев, К. М.** Разработка структурно-функциональной модели технологической системы производства строительных изделий с использованием техногенных отходов // Наука и техника Казахстана – 2019. – № 2 – С. 67–76.

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Нурман Ернур Алматылы

магистрант, Машина жасау факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қараганда қ., 100027, Қазақстан Республикасы,
e-mail: madiyar-1984@mail.ru

Альжанов Марат Кайдарович

т.ғ.к., доцент, оқытушы, Машина жасау факультеті,
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті,
Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы,
e-mail: m.k.alzhanov@mail.ru

Материал баспаға 02.03.20 түсті.

Шлам негізінде қалыптау бұйымдарын алу мүмкіндігін зерттеу темір кен шикізатын байыту

Мақала құю өндірісінің неғұрлым тиімді, арзан бағыты ретінде темір кен шикізатын байытуда шлам негізінде қалыптау бұйымдарын алу мүмкіндігін зерттеу. Жыл сайын металлургия үшін табиғи ресурстар көлемі қысқаруда және металл бұйымдарын өндіру үшін темір кен шикізатының жаңа көздерін іздеу мәселесі өткір тұр. Темір кен шикізатын байыту шламын қолдану қалдықтарының көлемін қысқартуға, қоршаған ортаға экологиялық әсер ету деңгейін төмендетуге, өндіріс шығындарын қысқартуға, соның ішінде кейбір жағдайларда формаланған бұйымдардың сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Металлургияда қалыптау бұйымдарын өндірудің барлық технологиялық процесі барысында әр түрлі қалдықтардың үлкен көлемдерімен бірге жүреді және темір кен шикізатын байыту шламдарын ең үлкен болып табылады. Сондай-ақ пішу бұйымдарын одан әрі өндіру үшін дала қалдықтары мен шлам қалдықтарын брикеттеу әдістерін қолдану талдауы ұсынылған.

Кілтті сөздер: қалыптау бұйымдары, шихта, шламдар, байыту, темір кен шикізаты, оңтайландыру, брикеттеу, құю өндірісі.

Nurman Ernur Almatuly

undergraduate, Faculty of Mechanical Engineering,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: madiyar-1984@mail.ru

Alzhanov Marat Kaidarovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, teacher,
Faculty of Mechanical Engineering,
Karaganda state technical university,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: m.k.alzhanov@mail.ru
Material received on 02.03.20.

Investigation of the possibility of obtaining molding products based on slurries of iron ore raw materials concentration

The article investigates the possibility of obtaining molding products based on slurries of iron ore raw materials concentration, as the most effective, inexpensive direction of foundry production. Every year the volume of natural resources for metallurgy decreases and the question of finding new sources of iron ore raw materials for the production of metal products becomes critical. The use of slurries of iron ore concentration allows to reduce the volume of waste, reduce the level of impact on the environment, reduce production costs, including improving the quality of molding products in some cases. Throughout the technological process of manufacturing molding products in metallurgy is accompanied by huge amounts of waste in different types and the largest are the slurries of iron ore raw materials concentration. Also the analysis of application of a method of briquetting of dust wastes and slime wastes for further production of molding products is presented.

Keywords: molding products, charge, sludge, enrichment, iron ore raw materials, optimization, briquetting, foundry.

ГРНТИ 67.25.03

Хамзина Шолпан Шапиевна

к.п.н., профессор ИнЕУ, Инженерно-технический факультет,
Инновационный Евразийский университет,
г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан,
e-mail: khamzina_64@mail.ru

Хлущевская Оксана Анатольевна

к.б.н., доцент, Инженерно-технический факультет,
Инновационный Евразийский университет,
г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан,
e-mail: oksana.xlushhevskaya@mail.ru

Сулейменов Олжас

магистрант, Инженерно-технический факультет,
Инновационный Евразийский университет,
г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан,
e-mail: olgas_kaz@mail.ru

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЛИВНЕВОЙ КАНАЛИЗАЦИИ
В ГОРОДЕ ПАВЛОДАР**

В статье рассматривается проблема затопления отдельных участков города Павлодар поверхностными сточными водами. Проведен анализ состояния существующих дренажных сетей отвода сточных вод. Приведен наиболее оптимальный вариант установки систем ливневой канализации и очистки стоков от загрязнителей.

Ключевые слова: поверхностные сточные воды, ливневая канализация, полураздельная система канализаций.

ВВЕДЕНИЕ

Поверхностный сток является источником существенного загрязнения компонентов окружающей среды различными поллютантами. Данные сточные воды образуются в результате выпадения атмосферных осадков, полива и мойки территории. Городские стоки несут большую опасность для окружающей среды, поскольку формируются в пределах автотранспортных дорог, строительных площадок и промышленных зон. Разнообразные вредные примеси, сконцентрированные на этих участках, посредством сточных вод попадают в близлежащие водные источники, а также в почвенную среду. В соответствии с природоохранным законодательством Республики Казахстан подобное загрязнение стихийного характера недопустимо, и должно быть взято под контроль. В Экологическом кодексе РК прописано, что концентрации загрязняющих веществ в сточных водах не должны превышать установленных нормативов [1]. Решением проблемы неконтролируемого сброса загрязненных поверхностных стоков в окружающую среду является строительство системы ливневой канализации. Однако, как показывает практика во многих городах дренажные системы отвода стоков либо отсутствуют, либо не функционируют

должным образом. К одним из таких городов можно отнести североказахстанский город Павлодар.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Павлодар расположен на северо-востоке Казахстана у реки Иртыш. Климат резко континентальный. Для города характерна долгая суровая зима с устойчивым снежным покровом, а также жаркое лето с относительно небольшими осадками. Среднегодовое количество осадков колеблется от 250 до 300 мм, или 250 000 – 300 000 м³/км² при общей площади города в 352,3 км² [2].

На настоящий год в Павлодаре имеются:

- сети закрытой ливневой канализации протяженностью 15,75 км;
- открытые арычные сети протяженностью 1,28 км;
- четыре насосные станции ливневых и дренажных вод [3].

Существующая система ливневой канализации является устаревшей и находится в изношенном состоянии. Требуется капитальный ремонт данных сетей, поскольку они работают неэффективно, вследствие чего приходится часто прибегать к вызову спецмашин для откачки поверхностных стоков. Кроме того, сети ливневой канализации размещены только на нескольких центральных улицах, а на остальных подобные дренажные системы для водоотвода полностью отсутствуют. При обильных осадках улицы, дворы и дороги затапливает. Особенно затоплению поверхностными сочными водами подвержены районы, которые находятся в низине, а таких участков в городе более восьмидесяти. На рисунке 1 приведены участки, где наиболее остро стоит проблема затопления поверхностными стоками [4].



Рисунок 1 – Районы города Павлодар подверженные частым затоплениям

По данным КГП «Горкомхоз» частые затопления после атмосферных осадков происходят на улицах Камзина, Астана, Гагарина, Ломова, Семипалатинская,

1 Мая, Академика Сатпаева и др. После сильных осадков коммунальные бригады вынуждены откачивать воду на улицах с помощью ассенизаторских машин. Например, на перекрестках улиц Академика Сатпаева и Ломова есть дождеприемники, но они не справляются, поэтому КГП «Горкомхоз» привлекают сразу две спецмашины, чтобы улица не ушла под воду. Если на улицах с водой еще можно справиться, то борьба с потоком в низинах крайне затруднительно. Стоит отметить район «Второй Павлодар», который давно подтопляется атмосферными водами. В результате частным домам, занимающим большую часть района, наносится огромный материальный ущерб.

Скопление сточных вод на городской территории приводит к разрушению дорожного покрытия, вымыванию грунта и загрязнению реки Иртыш. Стоки с некоторых улиц без каких-либо очистных мероприятий попадают в реку, тем самым внося в нее взвешенные вещества, нефтепродукты, тяжелые металлы и другие загрязнители. Приближенные значения удельных выносов различных примесей с дождевым стоком с городской территории отражены в таблице 1, которая предложена специалистами Научно-исследовательского и конструкторско-технологического института водоснабжения, канализации, гидротехнических сооружений и инженерной гидрогеологии [5].

Таблица 1 – Удельные выносы загрязняющих компонентов с дождевым стоком

Загрязненные компоненты	Удельный вынос, кг/(га*год)
Взвешенные вещества	2500
Органические вещества по показателям:	
ХПК	1000
БПК ₂₀	140
Нефтепродукты	40
Биогенные элементы:	
соединения азота	6
соединения фосфора	1,5
Минеральные соли	400

Таблица приводит лишь примерные значения количества загрязняющих компонентов. В реальности данные числа могут варьировать в широких границах. Уровень загрязненности поверхностных сточных вод зависит от множества факторов, таких как:

- интенсивность движения транспортных средств;
- концентрация загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы;
- предприятия, оказывающие вредное воздействие на окружающую среду;
- строительные площадки и др.

Однако независимо от уровня загрязненности стоков, неочищенные стоки несут угрозу для окружающей среды, в частности для водной среды [6]. Перечисленные

обстоятельства указывают на актуальность строительства ливневой канализации в Павлодаре.

Разработка проекта системы ливневой канализации требуется осуществлять с учетом ряда факторов:

- количество и интенсивность атмосферных осадков;
- объем образующихся поверхностных стоков;
- продолжительность прохождения стоков по поверхности и трубам до расчетного сечения;
- площадь стока;
- рельеф местности и др.

Оптимальным вариантом установки ливневой канализации является такой вариант, при котором обеспечивается соблюдение санитарно-гигиенических требований и активно используется естественный уклон местности. Для городов численностью до 350 тыс. (в Павлодаре 335 тыс.) экономически целесообразной и надежной в санитарно-гигиеническом отношении считается полураздельная система канализации. Система подобного рода подразумевает очистку поверхностного стока совместно с городскими и промышленными сточными водами на очистных сооружениях [5].

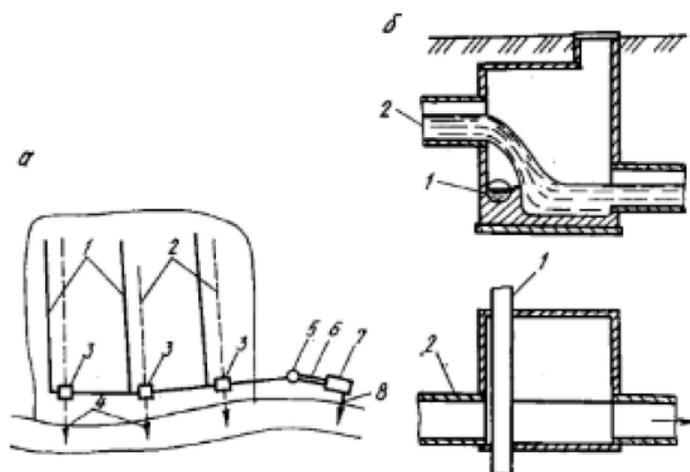
Полураздельная система канализации включает в себя как бытовые, так и ливневые сети отвода (рисунок 2). В местах их пересечения установлены водосборные камеры, которые производят деление стоков на наиболее и менее загрязненные воды. Первые загрязненные стоки направляются в бытовую сеть, а вторые малоконцентрированные по загрязнителям сточные воды сбрасываются в водоем [7].

Система водоотведения состоит из следующих основных элементов: наружной уличной сети, коллекторов, насосных станций, напорных водоводов, очистных сооружений и выпусков очищенных сточных вод в водоемы.

Канализационные сети следует прокладывать соответственно уклона местности, чтобы обеспечить самотечный отвод стоков.

Однако в зависимости от особенностей местности и характера загрязненности стоков возможно и установка раздельной ливневой канализации на отдельных территориях.

При проектировании систем ливневой канализации необходимо провести комплексное исследование территории города в целях выявления часто затопляемых участков. Исследования следует реализовывать с помощью космических технологий, которые из космоса определяют все «нижние точки» города Павлодар, наиболее уязвимые в период ливней и таяния снежного покрова.



а – схема системы; б – водосборная камера;
 1 – бытовая сеть; 2 – дождевая сеть; 3 – водосборная камера;
 4 – ливнеотводы; 5 – насосная станция; 6 – напорные водоводы;
 7 – очистные сооружения; 8 – выпуск.

Рисунок 2 – Полураздельная система канализации

Немало важным моментом в процессе разработки дренажных сетей отвода атмосферных вод является выбор очистных технологий. Наилучшим способом очистки поверхностных стоков от загрязнителей является комбинированное применение различных методов удаления и обезвреживания поллютантов. В качестве примера стоит привести компактное очистное сооружение, состоящее из разнообразных блоков, которые обеспечивают удаление взвешенных веществ и нефтепродуктов из сточных вод. Установка предусматривает прохождение загрязненного стока по определенному ряду очистных блоков. Первый блок – песколовки, выделяющие взвешенные вещества. Вторым блоком – установки по отстаиванию, снабженные тонкослойными модулями, удаляющими нефтепродукты и взвешенные вещества, крупность которых не позволила песколовкам их уловить. Третий – коалесцирующий блок, в котором производится сбор свободных нефтепродуктов. Четвертый – сорбционный блок, где происходит фильтрация через наполнитель высокой сорбционной емкости [8, 9].

Степень очистки сточных вод подобной установки от взвешенных веществ и нефтепродуктов составляет 98–99 % [8]. Очищенные сточные воды можно использовать для полива зеленых насаждений, тушения пожаров и в прочей деятельности, которая не предъявляет повышенных требований к качеству воды.

ВЫВОДЫ

В работе отражены лишь основные аспекты проблемы отвода поверхностных сточных вод с городских улиц. Проблема, связанная с износом существующих дренажных сетей и отсутствием ливневой канализации в затопляемых районах, требует дальнейшего глубокого и всестороннего исследования. Однако, несмотря

на данное обстоятельство даже анализ, проведенный в рамках этой статьи дает все основания утверждать, что разработка и реализация проекта системы ливневой канализации в Павлодаре окажет положительный эффект на экологическое состояние окружающей среды и социально-экономическое развитие города.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Экологический кодекс РК от 9 января 2007 года № 212;
- 2 Ежегодный бюллетень мониторинга состояния и изменения климата Казахстана: 2018 год, РГП «Казгидромет» Астана 2019;
- 3 Постановление Правительства РК «О генеральном плане города Павлодар Павлодарской области» от 12 июня 2018 года № 337;
- 4 Интервью с главным инженером КГП «Горкомхоз», [Электронный ресурс]. – <https://pavon.kz>;
- 5 Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты от 28 декабря 2005 года, ГНЦ РФ ФГУП НИИ ВОДГЕО;
- 6 Елубай, М. А., Сулейменов, М. А., Толегенов, Д. Т., Толегенова, Д. Ж., Нурмаханбетова, Д. Е. Исследование содержания солей тяжёлых металлов в почве павлодарской области // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 2. – С. 102–113.
- 7 Карасев, Б. В. Основы гидравлики, сельскохозяйственного водоснабжения и канализации. – Минск : Вышэйш. шк., 1983. – 288 с.
- 8 Эпоян, С. М., Лукашенко, С. В., Гетманец, Н. И. Технология очистки нефтесодержащих поверхностно-ливневых сточных вод. MOTROL. – Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin – Rzeszów, – 2014. – Vol. 16. – No. 6. – P. 61–68.
- 9 Kossanova, I. M., Akhmediyanov, A. U., Kirgizbayeva, K. Zh., Dzhaksymbetova, M. A. Water treatment from heavy metals by means of magnetic device // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 4. – С. 61–69.

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Хамзина Шолпан Шапиевна

п.ғ.к., профессор, Инженерлі-техникалық факультеті,
Инновациялық Еуразия университеті,
Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы,
e-mail: khamzina_64@mail.ru

Хлущевская Оксана Анатольевна

б.ғ.к., доцент, Инженерлі-техникалық факультеті,
Инновациялық Еуразия университеті,
Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы,
e-mail: oksana.xlushhevskaya@mail.ru

Сулейменов Олжас

магистрант, Инженерлі-техникалық факультеті,
Инновациялық Еуразия университеті,
Павлодар қ., 140000, Қазақстан Республикасы,
e-mail: olgas_kaz@mail.ru
Материал баспаға 02.03.20 түсті.

Павлодар қаласында нөсерлі кәріз жүйесін жетілдіру

Мақалада Павлодар қаласының жекелеген учаскелерін жерасты ағынды суларымен су басу мәселесі қарастырылған. Ағынды суларды ағызу үшін қолданыстағы дренаждық желілердің күйін талдау. Нөсерлі ағынды суларды және ластаушы заттардан ағынды суларды тазартудың ең оңтайлы нұсқасы келтірілген.

Кілтті сөздер: жер үсті ағынды сулар, дауыл кәрізі, жартылай бөлек кәріз жүйесі.

Khamzina Sholpan Shapievna

Candidate of Pedagogical Sciences, Professor,
Engineering and Technology Faculty,
Innovative University of Eurasia,
Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: khamzina_64@mail.ru

Khluchshevskaya Oksana Anatolyevna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
Engineering and Technology Faculty,
Innovative University of Eurasia,
Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: oksana.xlushhevskaya@mail.ru

Suleimenov Olgas

undergraduate student, Engineering and Technology Faculty,
Innovative University of Eurasia,
Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: olgas_kaz@mail.ru
Material received on 02.03.20.

Improvement of the discharge system of the Pavlodar city

The article considers the problem of flooding of certain sections of the Pavlodar city with surface wastewater. The analysis of the status of existing drainage networks for wastewater disposal. There is given the most optimal installation option for storm sewage systems and sewage treatment from pollutants.

Keywords: surface wastewater, storm sewer, semi-separate sewer system.

Тұрлығы Ерасыл Сейтқанұлы

магистр, Факультет информационных технологий,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100000, Республика Казахстан,
e-mail: erasul_32@mail.ru

ЗАМАНАУИ АҚПАРАТ ЖӘНЕ КОММУНИКАЦИЯ КЕҢІСТІГІНДЕГІ УНИВЕРСИТЕТ WEB САЙТЫ

Бұл мақалада университеттердің веб сайтының маңызы, орны және заманауи проблемалары қарастырылған. Бір қатар анализдердің көрсеткіштері келтірілген. Және де сайттың университет танымалдығына қалай әсерін тигізетіні жайлы сөз қозғалады. Сайттың түлектерді іздестіруде, инвестициялар тартудағы орны жайлы да айтылған. Мақалада қарастырылған тағы бір тақырып, ол университеттердің сайттарының структурасы. Қазіргі сайттардың басты проблемасы көрсетілген. Ол сайттың мазмұн құрастыруы. Желідегі жаңа заманауи сайттарда мазмұн пайдаланушылардың қалауымен өзгеруі қажет екені дәлелденеді. Көтерілген тағы бір өзекті мәселе жаңа тренд веб қызметтер. Веб қызметінің не екендігі жайлы және оның университет сайтына берер пайдасы жайлы сөз қозғалады. Веб қызметтерді қолдана отырып интернетке кең танымал болу мүмкіндігі бар.

Кілтті сөздер: университет, сайт, мазмұн.

КІРІСПЕ

Бүгінгі таңда университетті өзінің ресми веб-сайтысыз елестету мүмкін емес. Егер 1990 жылдары веб-ресурс оқу орнының презентациясы ретінде жұмыс істесе, қазіргі таңда ол оқу, ғылыми және экономикалық қызметтердің жедел құралына айналды. Қоғамды және оның институттарын ақпараттандыру процесі университеттердің қазіргі заманғы ақпарат пен коммуникацияны белсенді қолдануы қажет екенін айқындады. Жоғарғы білім берудің ақпараттық технологияларды қолдануда бай тәжірибесі бар. Мәселен, электрондық оқыту, ғылыми-зерттеу жұмыстары, оған қоса осы тәжірибелердің едәуір бөлігі Интернеттің дамуымен байланысты. Алайда, ХХІ басталуымен жаһандық желіде елеулі өзгерістер орын алуда. Сол себепті де алынған тәжірибе енді жеткіліксіз. Халықтың «Интернетке қосылуы» желілік байланыстың, ақпаратты іздеудің және талдаудың жаңа нысандарының пайда болуына әкеледі. Әлеуметтік желілер мен web 2.0 қызметтерінің дамуы веб-сайтты дамытудың жаңа бағыттарын анықтайды [1, 2].

Жаңа тенденциялар коммерциалық сайттарда бірден, уақыт жоғалтусыз қолданысқа енуде. Және осы тенденцияларды пайдалануде жоғарғы білім беру орындарыда шет қалмауы қажет. Бірақ, өкінішке орай университеттердің сайттары бірден жаңа трендті пайдалануға енгізе алмайды. Оған мынандай себептер бар, жоғары қоғамдық білім берудің күрделі ұйымдастырушылық құрылымы, қаржылық ресурстардың жетіспеуі және консерватизм.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

Университеттерді өз сайттарын актуалды ұстауына бірден бір себеб – ол студенттер мен инвестициялар үшін күрес. Және тағы бір себеб, заманауи университеттердің рейтингін құрастыру барысында олардың сайттарын есепке алуы.

2007 жылғы қарашада өткен Халықаралық сарапшылар тобының (IREG) үшінші отырысында Webometrics рейтингі енгізілді. Бұл рейтинг келесі мәселелерді ескереді: толтырымы бойынша, университеттің веб-сайттарының қолдауы мен танымалдылығы бойынша. Ал осы өлшемдер бойынша жоғары нәтижеге қол жеткізу тек белсенді пайдалану кезінде ғана мүмкін болады. Қолданушылардың белсенділігін арттыру үшін сайт мазмұнын қалыптастырудағы жаңа тәсілдер және оған мақсатты аудиторияны тарту бойынша жұмыс жасау қажет. Дәл осы міндеттерді көптеген университеттің сайттары шешуді үйренуі керек.

Сайттағы ақпаратты құрудың және ұйымдастырудың жаңа әдістері соңғы бес жыл ішінде Интернетте пайда болған өзгерістерге байланысты. Осы уақытта веб-ресурстарды пайдаланушы ақпаратты тұтынушыдан оны өндірушіге айналады. Бұндай заманауи технологиялар сайттарда пайдаланушыға мазмұнды оқып қана қоймай, оны құруға да мүмкіндік береді. Қазіргі пайдаланудағы тренд: тез және оңай, интуитивті интерфейс, жеңілдетілген жариялау және модерация жүйесі.

Әлеуметтік желілердің дамуы сізге қажетті және қызықты адамдарды оңай және тез табуға, олармен байланыс орнатуға және қолдауға, араласу шеңберіңізді кеңейтуге мүмкіндік береді. Осы өзгерістердің кішігірім бір себебі трафиктің құнының төмендеуі және байланыс арналарының жеделдетілуі [3, 4].

Интернеттегі медиа контент алуан түрлі (онлайн радио және теледидар, подкастинг, вебинарлар). Қазір интернет-ресурстар тек мәтіндер, суреттер, дыбыс, видео ғана емес, сонымен бірге веб-қосымшалар көптеп кездеседі. Жаңа контенттың пайда болуы жаңаша пайдалану түріне алып келді. Интернетте ақпаратты пайдалану және өндіру технологиясы ғана емес, сонымен қатар желілік қызмет формалары да өзгертілген. Мысалы, блог веб-ресурстың түрі, ол адамға интернетте ақпаратты жариялаудың дәстүрлі міндетін шешумен қатар, пайдаланушыға байланыс, өзін-өзі таныстыру, әлеуметтік байланыстарды құру, қолдау, рефлексия, психотерапия сияқты мүмкіндіктер береді. Осы үлкен өзгерістерге қарап отырып орынды сұрақ туындайды: университеттің сайттары өзгерді ме?

Шынында да, отандық университеттердің сайттарында инновациялар байқалады. Оны интернет дамуының жалпы тенденцияларымен байланыстыруға болады.

Мәселен, егер бұрын сайттағы ақпаратты ұйымдастыру үшін таксономия әдісін қолданса (иерархиялық немесе ағаш құрылымы), қазір қырларды жіктеу әдісі (әртүрлі негізде бір уақытта бірнеше тәуелсіз жіктеу) жиі қолданылады. Таксономия мазмұнды ұйымдастыруда дәстүрлі тәсілмен келесі университеттің қызмет салаларында айқын көрінеді «Білім», «Ғылым», «Мәдениет», «Спорт» бөлімдері. Таксономиялық тәсілдің кемшілігі, мұндай жіктеуіште объект текбір иерархияның түйініне бекітілуі мүмкін, және де мұндай құрылымның көмегімен осы объектінің барлық қажетті қасиеттерін сипаттау мүмкін емес.

Ал сайтта сыртқы жіктелуді қолданған кезде навигацияға қосымшалар ұсынылады, мысалы, мақсатты аудиторияның түрі бойынша («Талапкерлер» тарауы, «Студенттер», «Магистранттар», «Оқытушылар», «Түлектер», «Бизнесмендер», «Журналистер»). Фасадтардың жіктелуі ресурстың қолданылуудағы ыңғайлылығын жақсартады, әр түрлі пайдаланушыларға қажетті ақпаратты тез табуға мүмкіндік береді. Бірақ бұл ең озық шешім емес.

Желідегі жаңа заманауи сайттарда мазмұн пайдаланушылардың қалауымен өзгереді. Интернеттің бұл жаңа әдісі фолкономия деп аталады (бөлісу тәжірибесі, кездейсоқ таңдалған белгілер арқылы ақпаратты санаттау, тегтер). Желінің қолданушыларына түсінікті және таныс «тегтер бұлты» (сайттағы фолкономияның белгісі) әлі университеттің веб-ресурстарында табылған жоқ. Бір жағынан, бұның себебі сайт мазмұнын басқару жүйесін түбегейлі қайта құру қажеттілігінде. Екінші жағынан, бұл тәсілде ешқандай құрылым болмаған жағдайда заттар арасында элементарлық қатынастар (жыныс – түрлер) болмайды. Сондықтан, жалпы немесе жеке белгілері бар объектілерді табу мүмкін емес. Сондықтан жақсы әдіс – фолкономика мен таксономияны біріктіру. Ыңғайлы, семантикалық ұйымдастыруға мүмкіндік беретін тәсіл. Фольксо-таксономиялық тәсіл қазіргі заманғы веб-жобаларда сәтті қолданылуда.

Веб-қызметтер (веб арқылы қол жетімді бағдарламалар) Интернет-аудитория арасында ерекше танымалдыққа ие болды. Академиялық ортада қазірдің өзінде өз пайдасын жасауға талпыныс бар. Веб-қосымшаларды пайдалану мысалдары қазір көптеп кездеседі. Мысалы, Бурят мемлекеттік университетінде Google қызметтерін енгізу тәжірибесі енгізілуде [5-7].

BSU баспасөз қызметінің қызметі: <http://news.bsu.ru>. Сайтта автоматтандырылған аударма жасауға мүмкіндік беретін сайт іздеу жүйесі және Google аудармашысы сияқты Google қызметтері қолданылады

30-дан астам тілде сайт мәтіндерін оқуға мүмкіндік бар. Ал өздерінің веб-қосымшаларының мысалы – Томск мемлекеттік университетінің сайтындағы ЕГЭ калькуляторы: <http://abiturient.tsu.ru/?do=calc>

Веб сайттарды бағдарламалауда жаңа тенденция интерфейстердің эргономикасы мен динамикасы. Стильді дизайн да маңызды, қазірде Web 2.0 түстер гаммасын қолдана отырып, жайлы ортаны құруды қамтиды.

Ал динамика дәл қазіргі уақытта веб-интерфейстерде Ajax технологиясы (қолданушы интерфейсін құру арқылы) арқылы іске асады. Оның басты ерекшелігі веб-парақты қайта жаңаламай, пайдаланушыға қажет деректерді асинхронды түрде жүктейді). Бұл қазіргі заманғы сайт құру тренді [8].

Web-сайттарды әзірлеу кезінде Web-2.0 технологияларын белсенді қолдануға қарамастан, университеттер әлі де Интернеттің коммерциялық сегментінен қалып отыр және өздерінің ресми веб-өкілдіктерінде фолкономия, вики (парақтарды ұжымдық құру), вебинарлар (ашық онлайн-семинарлар) сияқты жаңалықтарды енгізуге батылы жетпейді. Батыс елдерінің мысалына көз жүгіртсек, мысалы, Ұлыбританияның ашық университетінің тәжірибесі бұл тұрғыда пайдалы болуы мүмкін.

Университет порталының қызметтерінің бірі – Платформа (www.open.ac.uk/platform/) – мақалалар оқуға, жана адамдармен кездесуге және талқылауға арналған орын. Жүйе бүкіл әлемге ашық және құрамында білім беру туралы мақалалар, блогтар, ойындар, музыка және басқа да ойын-сауықтар бар.

Британдық университет топты ұйымдастырып, ең танымал ағылшын тіліндегі Facebook әлеуметтік желісіне мұқият кірісті.

Ұлыбританиялық университет әлеуметтік желідегі белсенділігімен де үлгі бола алады. Америкалық Facebook әлеуметтік желісінде оқу, жұмыс пен жеке өмір жайында көптеген ақпарат табуға болады. Бұл топта университеттің кітапханасы бар, сіз ең соңғы жазбаларды, материалдарды электронды түрде көре аласыз, кітаптарға тапсырыс бере аласыз. Facebook үшін арнайы қосымшалар жасалды. Мысалы, «Курстың профилін» көрсетуге мүмкіндік береді.

Университеттер сайтындағы тағы бір өзгеріс бұрын жарнама пайдаланбауға тырысса, негізінен пресс-релиздер мен хабарландыруларды пайдаланым, ал қазір алдыңғы беттерде жарнама орнату қалыпты жағдайға айналды. Айтар сөзін аудиторияға, жүгіру сызықтарына және бейнелерге салын, оны әсер ететін баннерлерге орналастырады. Ең көрнекті позиция ол басты бет. Коммерциялық тұрғыдан қарасақ, ақпаратты басты параққа орналастыру өте маңызды, ақпаратты көретін аудитория үлкееді.

Жоғары білім игере бастаған желілік жарнаманың тағы бір жана әдісі – іздеу жүйелерінен контекстік жарнаманы сатып алу. Мысалы, сіз Яндексте «Қашықтан оқыту», «Дамыта оқыту» сияқты тақырыптарды бірінші позицияда іздегенде іздеу нәтижелері әрқашан бір орталыққа сілтемені көрсетеді. Кейбір университеттер, әсіресе мемлекеттік емес университеттер, іздеу жүйелеріндегі нақты сұраныстар үшін өздерінің жарнамаларын шығару мүмкіндігін жоғары бағалады. Мысалы, Yandex. Direct қызметі өз клиенттеріне Яндекс беттері мен сайттарына контекстік жарнаманы орналастыруға мүмкіндік береді. Бұл тиімді сату құралы, коммерциялық секторда бұрыннан қалыптасып келеді, қазір жоғарғы мектеп үшін өзекті [9, 10].

Қазіргі қоғамда әлеуметтік, мәдени, экономикалық және саяси институттардың дамуы ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың белсенді қолданумен жүреді. Бұл технологияларды жаңғырту сөзсіз оларды қолдану әдістерін өзгерту қажеттілігіне әкеледі. Жыл сайын мемлекеттік институттарды АКТ-ны өзгертуге бейімдеу процесі жылдамдауда. Бүгінгі күнде интернет-технологияны қоғамдық өмірге енгізу, коммерциялық ұйымдар ашу ұтқыр жүйелер ретінде көшбасшы болып табылады [2]. Қазіргі уақытта университеттің сайттары ақпараттық-коммуникациялық кеңістіктегі өзгерістерге тез жауап беруі керек. Бұл оларға табыс табуға және рейтингтерін сақтауға мүмкіндік береді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе айтатыным заманауи веб-ресурстың танымалдығы көбінесе пайдаланушылардың оның мазмұнын қалыптастыруға қатысуына байланысты. Келушілерге блог түрінде өз бетінше жариялауға мүмкіндік

беру дегеніміз пайдаланушылардың байланысын жүзеге асыру, мазмұнды жиі жанартып отыру және оның мақсатқа сәйкестігі мәселелерін тиімді шешу. Қазіргі таңда интернетте келесі қағида айқын көрінеді: сайтта әр түрлі авторлар көптеп жазған сайын, оның мазмұны неғұрлым қызықты және алуан түрлі болып келеді. Сол себепті де жеке немесе ұжымдық блогты сайтқа енгізу желілік белсенділіктің әртүрлі нысандарын көрсете алады.

Тағы бір университет сайтына үлкен плюс ол Веб қызметтер. Веб қызметтер, яғни веб арқылы қол жетімді бағдарламалар, интернет-аудиторияда кең танымалдылыққа ие болды. Бұл басқа бағдарламалаушылардың университет сайтына қосымша ретінде сайт жасауларына, мобильдік қосымшалар жасауына мүмкіндік береді. Университет сайтының танымалдылығы артады.

Осы айтылған мәселелерді қорытындылай отырып айтарымыз университет сайтына көптеп көңіл бөлу университеттің дамуына үлесін тигізері сөзсіз.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 **Снелл, Н.** Абсолютно ясно о создании Web-страниц и Web-сайтов; СИНТЕГ – М., 2015. – 224 с.

2 **Герасимова, А. Г.** Развитие web-дизайна как средства информатизации образовательного пространства // Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева. – 2019. – № 5 (105). – С. 131–136.

3 **Web 100% самоучитель. Web-дизайн. Создавай свои сайты;** Технолоджи-3000, Триумф-М., 2009. – 144 с.

4 **Массель, Л. В., Черноусов, А. В., Фартышев, Д. А., Массель, А. Г.** Реализация Web-сервиса для решения задач нелинейной оптимизации на основе унаследованного программного комплекса // Наука и техника Казахстана. – 2009. – № 1. – С. 95–102

5 **Фримен Э.** Изучаем HTML, XHTML и CSS Питер, – 2019. – 720 с

6 **Кленов, Д. В., Сытник, А. А., Вагарина, Н. С., Мельникова, Н. И., Шульга, Т. Э., Калугина, Т. А.** Социальная информатика и эволюция веба // Juvenis scientia. – 2017. – № 2. – С. 59–64.

7 **Тукеев, У., Джусупова, Г. Г., Турсынбек, Б., Каде, Ф., Легин, М.** Электронный портал с использованием программных средств open source // Наука и техника Казахстана. – 2009. – № 1. – С. 162–169.

8 **Никсон Робин** Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL, JavaScript, CSS и HTML5. – Питер, 2017. – 768 с.

9 **Кузнецова, Н. С.** Веб-сайты региона : соотношение этнокультурного и глобального // Регионология. – 2010. – №4. – С. 281–285.

10 **Дергачев, А. А.** Концептуальное расширение функционального описания веб-сервисов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2014. – № 2 (90). – С. 174–176.

Материал баспаға 02.03.20 түсті.

Турлыгажы Ерасыл Сейтканович

магистр, Факультет информационных технологий,
Карагандинский государственный технический университет,
г. Караганда, 100000, Республика Казахстан,
e-mail: erasul_32@mail.ru

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

WEB сайт университета в современном информационном и коммуникационном пространстве

В этой статье рассматриваются важность, положение и текущие проблемы университетских веб-сайтов. Приведены показатели ряда анализов. Также рассказывается о том, как сайт влияет на популярность университета. Также упоминается роль сайта в поиске выпускников и привлечении инвестиций. Еще одна тема, которая освещается в статье, это структура университетских сайтов. Основная проблема с сегодняшними сайтами. Это контент-дизайн сайта. Новые современные сайты в сети доказывают, что контент должен наполняться пользователями. Еще одна актуальная проблема – новая тенденция веб-сервисов. В статье описывается о том, что такое веб-сервисы и как они могут быть полезны для веб-сайта университета. С помощью веб-сервисов можно стать более популярным в Интернете.

Ключевые слова: университет, сайт, контент.

Turlygazhy Yerassyl Seitkanuly

master's degree, Faculty of information technology,
Karaganda state technical University,
Karaganda, 100000, Republic of Kazakhstan,
e-mail: erasul_32@mail.ru

Material received on 02.03.20.

WEB site of the university in the modern information and communication space

This article discusses the importance, position, and current problems of university websites. The indicators of a number of analyzes are given. It also talks about how the site affects the popularity of the university. Also mentioned is the role of the site in finding graduates and attracting investment. Another topic covered in the article is the structure of university sites. The main problem with today's sites. This is the content design of the site. New modern sites on the network prove that content should be filled with users. Another pressing issue is the new trend of web services. The article describes what web services are and how they can be useful for a university website. Using web services can become more popular on the Internet.

Keywords: university, site, content.

Малыбаев Нурлан Сакенович

к.т.н. доцент, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: malybaevnurlansakenovich@mail.ru

Касенов Асылбек Жумабеквич

к.т.н. профессор, кафедра «Машиностроения и стандартизации», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан, 140008, e-mail: asylbek_kasenov@mal.ru

Абишев Кайролла Кабдрахманович

ст. преподаватель, кафедра «Промышленный инжиниринг и дизайн», Инженерно-технологический факультет, Инновационный Евразийский университет, г. Павлодар, 140000, Республика Казахстан,

Кулумжанов Жантлек Жанатович

магистрант, кафедра «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация», Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, 100027, Республика Казахстан, e-mail: jonnyssmit@mail.ru

Мукатов Садык Сазатаевич

магистрант, кафедра «Машиностроения и стандартизации», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан, e-mail: sadykus@bk.ru

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ ГИДРОАККУМУЛЯТОРА
ДЛЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

Рассмотрены рекомендации для выбора гидроаккумулятора, виды, преимущества и недостатки. Так же разновидности пневмогидравлического аккумулятора, которые имеют свои положительные качества. Указывается, что в качестве разделителя используют каучуковый баллон для разных диапазонов температуры и видами жидкости. Приведены формулы и пояснения к ним для определения рабочих параметров при выборе гидроаккумулятора.

Ключевые слова: гидравлический аккумулятор, давление, жидкость, температура, мощность, энергия, конструкция.

ВВЕДЕНИЕ

Гидравлический аккумулятор – это гидроемкость (сосуд, устройство) рассчитанный для аккумуляирования и возврата энергии рабочей жидкости, находящейся под давлением. Иными словами, позволяет накапливать энергию сжатого газа или пружины, передавать её в гидросистему потоком жидкости. С помощью аккумулятора можно понизить мощность насосов гидросистемы

или обеспечить перерывы в работе насоса. Помогает поддерживать работу гидросистемы в аварийных и нештатных ситуациях, т.е. при выходе из строя источника питания. Аккумулирование энергии рабочей жидкости происходит во время пауз или незначительного расхода. В периоды интенсивной работы накопленная энергия возвращается в систему.

Английский изобретатель Джозеф Брама XVIII веке запатентовал грузовой гидроаккумулятор, а также изобрел гидравлический пресс. Эти изобретение применяются во всех сферах промышленности по сегодняшний день. Важно знать характеристику и расчет при выборе гидроаккумулятора, так как уникальность этого оборудования проверено временем [1–3].

Сохраненное давление в гидроаккумуляторе помогает изгладить влияние таких факторов, как вызванное колебаниями температуры изменение объема рабочей жидкости и ее потери, провоцирующие снижение давления. Работа дает возможность рекуперацию мощности, что позволяет уменьшить мощность гидропривода, увеличить КПД и снизить потребление энергии в целом. Также позволяет преодолевать пиковые нагрузки и использовать насосы наименьшей мощности и объемом. Может служить демпфером от пульсации насосов и гидравлических ударов во всасывающих и напорных магистралях.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Гидроаккумуляторы классифицируются по способу накопления энергии:

- гидроаккумуляторы с механическим накопителем;
- гидроаккумуляторы с пневматическим накопителем.

В зависимости от конструкции, гидроаккумуляторы с механическим накопителем делятся на грузовые и пружинные гидроаккумуляторы [4, 5].

В грузовом гидроаккумуляторе давление жидкости прямо пропорционально массе давящего груза и обратно пропорционально площади поршня. Давление будет постоянным независимо от объема оставшейся жидкости, так как оно определяется только массой груза и площадью поршня.

В пружинном гидроаккумуляторе давление будет уменьшаться по мере уменьшения объема жидкости, так как усилие пружины зависит от величины сжатия.

Гидроаккумуляторы с пневматическим накопителем широко применяются в промышленности, на транспорте, в авиации, на судах и в системах водоснабжения. Наибольшее распространение в технике получили за счет своих преимуществ, таких как высокая энергоемкость, компактность, разнообразие конструктивных решений [6–8].

Таблица 1 – Виды гидроаккумуляторов, преимущества и недостатки.

Виды гидроаккумуляторов	Преимущества	Недостатки
Грузовой гидроаккумулятор	<ul style="list-style-type: none"> — простота конструкции; – большой рабочий объём; - низкая стоимость. 	<ul style="list-style-type: none"> – низкая энергоёмкость; – высокая инерционность; – громоздкость конструкции; – низкое давление.
Пружинный гидроаккумулятор	<ul style="list-style-type: none"> – относительная простота конструкции; – невысокая стоимость. 	<ul style="list-style-type: none"> – давление зависит от деформации пружины; – небольшой рабочий объём; – инерционность.
Пневмогидравлический аккумулятор	<ul style="list-style-type: none"> – высокая энергоёмкость при малых размерах; – различные исполнения по конструкции и назначению. 	давление аккумулятора изменяется в соответствии с политропным процессом сжатия и расширения газа.

Пневмогидравлический аккумулятор накапливает энергию в результате сжатия газа (азота или воздуха). Пневмогидравлический аккумулятор – закрытый сосуд, заполненный сжатым газом с начальным давлением p_n зарядки; при подаче в этот сосуд жидкости объем газовой камеры уменьшается, вследствие чего давление газа повышается, достигая к концу зарядки (заполнения) жидкостью значения p_{max} . Количество поданной в аккумулятор жидкости и среднее давление газа, которое приближенно для изотермного процесса может быть принято равным, определяют запас энергии (энергоёмкость), которая может быть полностью или частично использована при разрядке аккумулятора. В гидравлических аккумуляторах в качестве разделительных элементов используются поршни, баллоны и мембраны. Это используется для того чтобы устранить возможность растворения газа в жидкости.

Таблица 2 – Типы пневмогидроаккумуляторов, преимущества и недостатки

Виды	Преимущества	Недостатки
Поршневые	<ul style="list-style-type: none"> – широкий ассортимент изделий: от 0.1 до 1200 л; - возможны низкие скорости потока; – контроль объема жидкости по всей длине хода поршня; – экономия мощности. 	<ul style="list-style-type: none"> – наличие сил трения поршня в цилиндре; – нарушение герметичности по месту посадки поршня в цилиндре в условиях низких температур.
Баллонные	<ul style="list-style-type: none"> – рабочий диапазон температуры -50 °С до + 150 °С; – относительная простота конструкции; – достаточная надежность и компактность. 	– износ каучукового, баллонного разделителя;
Мембранные	<ul style="list-style-type: none"> – диапазон вместимости рабочей жидкости от 0,75 до 4 литров; – рабочий диапазон температуры -10 °С до + 80 °С; - достаточная надежность и компактность. 	<ul style="list-style-type: none"> – износ каучукового, баллонного разделителя; – относительная сложность конструкции;

Для защиты резины от воздействия кислорода в большинстве конструкций заменен азотом, с помощью которого срок службы диафрагмы значительно

повышается. Диафрагма имеет такие размеры и форму, чтобы при разрядке аккумулятора на ней не образовывались складки и растяжение ее происходило не больше 5 %. Это относится к аккумуляторам, предназначенным для работы в условиях низких температур, при которых резина теряет эластичность. В качестве материала для изготовления диафрагм применяют вулканизированные плотные сорта резины толщиной 1,5—3 мм.

Таблица 3 – Материал баллона, совместимые жидкости и допустимые рабочие температуры

Материал	Жидкость	Температура
Акрилонитрил-бутадиеновый каучук	Минеральные масла (HL, HLP, HFA, HFB, HFC), вода	-50 °C ... + 80 °C
Эпихлоргидринэтиленоксидный каучук	Минеральное масло	-30 °C ... +120 °C
Бутилкаучук	Фосфатные эфиры, вода	-40 °C ... +100 °C
Фторсодержащий эластомер	Хлорированный углеводород, бензин	-10 °C ... +150 °C

Выбор конструкции и рабочих параметров аккумулятора руководствуются стремлением получить минимальный его вес и объем, т.е. рабочие параметры аккумулятора должны быть такими, чтобы при минимальном конструктивном его объеме и заданном минимальном диапазоне давления было достигнуто максимальный полезный объем аккумулятора [9–10].

Для определения полезного объема исходя из изотермного процесса

$$V_{п} = V_{к} \left(1 - \frac{p_{н}}{p_{max}} \right)$$

где $V_{к}$ – конструктивная емкость,
 $p_{н}$ – начальное давление зарядки аккумулятора,
 p_{max} – максимальное рабочее давление.

Разрядку аккумулятора не доводят до вытеснения всей жидкости, в нем сохраняют некоторый запас $V_{з}$ жидкости. С учетом этого полезный объем аккумулятора при условий $p_{min} > p_{н}$ и $n = 1$

$$V_{пол} = V_{п} - V_{з} = V_{к} \left(1 - \frac{p_{н}}{p_{max}} \right) - V_{к} \left(1 - \frac{p_{н}}{p_{min}} \right) = V_{к} \left(\frac{p_{н}}{p_{min}} - \frac{p_{н}}{p_{max}} \right)$$

или

$$\frac{V_{\text{H}}}{V_{\text{k}}} = \frac{p_{\text{H}}}{p_{\text{min}}} - \frac{p_{\text{H}}}{p_{\text{max}}}$$

Объем V_2 и V_{H} для изотермного процесса сжатия газа можно найти

$$\frac{V_{\text{H}}}{V_2} = \frac{p_{\text{max}}}{p_{\text{min}}} - 1$$

где V_2 – объем газовой части аккумулятора в конце зарядки жидкостью,

n – показатель политропы,

p_{min} – минимальное рабочее давление.

Для политропного изменения ($n > 1$) примет вид

$$\frac{V_{\text{H}}}{V_2} = \left(\frac{p_{\text{max}}}{p_{\text{min}}} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

Для определения влияние режима сжатия и расширения газа в аккумуляторе величина начального давления зарядки для этого случая может быть рассчитана по выражению

$$p_{\text{H}} = p_{\text{max}}^{1-\frac{1}{n}} p_{\text{min}}^{\frac{1}{n}}$$

Для адиабатного цикла ($n = k = 1,4$) это уравнение принимает вид

$$p_{\text{H}} = p_{\text{max}}^{0,285} p_{\text{min}}^{0,715}$$

Для определения работы совершаемой при разрядке аккумулятора для изотермного цикла

$$A_{\text{u}} = p_{\text{H}} V_{\text{k}} \ln \frac{p_{\text{max}}}{p_{\text{H}}}$$

Для политропного цикла

$$A_{\text{H}} = \frac{p_{\text{H}} V_{\text{k}}}{n-1} \left[1 - \left(\frac{V_{\text{r}}}{V_{\text{k}}} \right)^{n-1} \right] = \frac{p_{\text{H}} V_{\text{r}}}{n-1} \left[1 - \left(\frac{p_{\text{H}}}{p_{\text{max}}} \right)^{n-1} \right]$$

Для определения влияния температуры на количество жидкостей V_{H} отдаваемой при разрядке аккумулятора

$$V_n = V_k \left[\frac{p_n}{p_1 p_2} \right]^{\frac{1}{n}} \left[p_1^{\frac{1}{n}} - p_2^{\frac{1}{n}} \right] \left[\frac{T_1}{T_2} \right]^{\frac{1}{n}}.$$

ВЫВОДЫ

В промышленности чаще используют пневмогидравлические (газовые) аккумуляторы. Преимущества и недостатки данных аккумуляторов – это температура, жидкость и материал, используемый в качестве разделителя. Правильное применение данных материалов повысит надежность оборудования.

Освоение расчетов позволит подобрать компактный гидроаккумулятор, с максимально полезным объемом давления. Сохранение и использование энергии гидроаккумулятора повышает эффективность работы основного оборудования, а также ее безопасность при эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Башта, Т. М.**, Машиностроительная гидравлика // Т. М. Башта // Справочное пособие: издание 2-е / Москва: «Машиностроение», 1971. – С.432–445.
- 2 [ru.wikipedia.org/wiki/Брама, Джозеф](http://ru.wikipedia.org/wiki/Брама,_Джозеф)
- 3 <https://www.areopag-spb.ru/gidroakkumulyatory> [Электронный ресурс].
- 4 **Угничус, А. А.**, Гидравлика и гидравлические машины. Харьковский университет, 1970. – 396 с.
- 5 **Долгачев, Ф. М., Леико, В. С.** Основы гидравлики и гидропривод. – М. : Стройиздат, 1981. – 183 с.
- 6 **Суслов, Н. М., Чернухин, С. А.** Гидравлический привод механизма шагания с гидроаккумуляторами // Горное оборудование и электромеханика. – 2018. – № 1 (135). – С. 3–7.
- 7 **Лоскутов, И. П.** К вопросу выбора гидроаккумулятора // Молодой ученый. 2010. – № 3. – С. 29–32.
- 8 **Илаев, Б. В.** Обзор и анализ конструкций гидравлического аккумулятора // Известия Горского государственного аграрного университета. – 2011. – Т. 48. – № 1. – С. 159–162.
- 9 ГОСТ 17752-81 (СТ СЭВ 2455-80) Гидропривод объемный и пневмопривод. Термины и определения
- 10 **Жутов, В. В.** Метод экспериментального определения частотных характеристик гидропривода // Молодежный научно-технический вестник. – 2013. – № 8. – С. 22.
- 11 **Хайбулина, Р. А., Рындин, В. В.** Автоматизированный расчёт гидропривода с использованием системы Mathcad // Наука и техника Казахстана. – 2010. – № 4. – С. 109–118.

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Малыбаев Нурлан Сакенович

т.ғ.к., доцент, «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: malybaevnurlansakenovich@mail.ru.

Касенов Асылбек Жумабекович

т.ғ.к., профессор, «Машина жасау және стандарттау» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Әбішев Қайролла Қабдрахманұлы

аға оқытушы, «Өнеркәсіптік инжиниринг және дизайн» кафедрасы, Инженерлік-технологиялық факультеті, Инновациялық Еуразия университеті, Павлодар қ., 140000 Қазақстан Республикасы

Кулумжанов Жантлек Жанатович

магистрант, «Технологиялық жабдықтар, машина жасау және стандарттау» кафедрасы, Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ., 100027, Қазақстан Республикасы, e-mail: jonnysmit@mail.ru.

Мукатов Садық Сазатаевич

магистрант, «Машина жасау және стандарттау» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы, e-mail: sadykus@bk.ru.

Материал баспаға 02.03.20 түсті.

**Гидравликалық жүйеге гидроаккумулятор
таңдау бойынша ұсыныстар**

Гидравликалық аккумуляторды таңдау бойынша ұсыныстар, оның түрлері, артықшылықтары мен кемшіліктері қарастырылады. Сонымен қатар пневмогидроаккумулятордың пайдалы қасиеттері бар сорттары байқастырылды. Болгіш ретінде әр түрлі температуралық диапазондар мен сұйық түрлеріне арналған баллон пайдаланылатындығы көрсетілген. Гидравликалық аккумуляторды таңдау кезінде жұмыс параметрлерін анықтау үшін формулалар мен түсініктемелер берілген.

Кілтті сөздер: гидравликалық аккумулятор, қысым, сұйықтық, температура, қуат, энергия, конструкция.

Malybaev Nurlan Sakenovich

Cand.Sci.(Eng.), Assistant Professor,
Department of Technological Equipment,

Engineering and Standardization,
Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: malybaevnurlansakenovich@mail.ru.

Kasenov Asylbek Zhumabekovich

Cand.Sci.(Eng.), Professor,
Department of Engineering and Standardization,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: asylbek_kasenov@mail.ru

Abishev Kairolla Kabdrakhmanovich

senior lecturer, Department of «Industrialized engineering and design»
Faculty of Engineering and Technology,
Innovative University of Eurasia,
Pavlodar, 140000, Republic of Kazakhstan

Kulumzhanov Zhantlek Zhanatovich

master, Department of Technological Equipment,
Engineering and Standardization, Karaganda State Technical University,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan,
e-mail: jonnysmit@mail.ru.

Mukatov Sadyk Sazataevich

master, Department of Engineering and Standardization,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: sadykus@bk.ru.

Material received on 02.03.20.

**Recommendations for selecting a hydraulic battery
for a hydraulic system**

Recommendations for choosing a hydraulic accumulator, types, advantages and disadvantages are considered. Also, varieties of pneumohydraulic accumulator, which have their positive qualities. It is indicated that a rubber balloon for different temperature ranges and types of liquid is used as a separator. Formulas and explanations are given for determining the operating parameters when choosing a hydraulic accumulator.

Keywords: hydraulic accumulator, pressure, liquid, temperature, power, energy, design.

Волкова Лариса Юрьевна

к.т.н., доцент, кафедры «Судовые энергетические установки и теплоэнергетика»,
Калининградский государственный технический университет,
г. Калининград, 236000, Российская Федерация,
e-mail: volkova0969@mail.ru

**УСТРОЙСТВО, ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И ОСНОВЫ РАСЧЕТА
СУДОВОГО ДВУХТАКТНОГО КРЕЙЦКОПФНОГО ДИЗЕЛЯ
MAN B&W 6S60MC-C**

Рассмотрены особенности устройства и принципа действия двухтактного, крейцкопфного судового малооборотного дизеля MAN B&W 6S60MC-C. Приведена методика расчета гидроневматического привода выпускного клапана. По известной мощности, литражу двигателя, частоте вращения коленчатого вала определено необходимое среднее эффективное давление газов в цилиндре. Показано, что на величину среднего эффективного давления главное влияние оказывают плотность заряда и коэффициент избытка воздуха. Приведен расчет цикловой подачи и часового расхода топлива. Определен диаметр сопловых отверстий распылителей форсунок. Дана оценка величине коэффициента избытка воздуха, который зависит от массы поступившего в цилиндр воздуха и массы поданного в камеру сгорания топлива. Предложена методика определения плотности воздуха, поступившего в цилиндр.

Ключевые слова: двухтактный двигатель, мощность, крейцкопф, уравновешенность, цикловая подача, расход топлива, коэффициент избытка воздуха.

ВВЕДЕНИЕ

Основными зарубежными фирмами и компаниями, которые производят судовые двигатели, являются: MAN B&W (Дания и Германия); New Salzer Diesel (Швейцария); Mitsubishi, Daihatsu (Япония); Caterpillar (США).

Наибольшая мощность одного цилиндра судовых малооборотных двигателей (МОД) равна 5710 кВт с частотой вращения коленчатого вала до 250 мин⁻¹. Отношение хода поршня к диаметру цилиндра достигает 4,2.

Увеличение хода поршня позволяет наиболее полно преобразовывать энергию сгоревшего топлива в цилиндре в механическую работу. При этом увеличивается коэффициент полезного действия (КПД) двигателя и снижается до 167 г/(кВт·ч) удельный эффективный расход топлива.

У современных судовых дизелей среднее эффективное давление газов в цилиндре P_e может быть равно 1,9 МПа и более. Наличие высокого давления газов в цилиндре диктует новые подходы к конструкции двигателя и его систем. Особое внимание уделяется [1]:

- системам подачи топлива и воздуха;
- охлаждению деталей цилиндропоршневой группы;
- выбору новых материалов с высокой прочностью и износостойкостью;
- токсичности отработавших газов и экологической безопасности.

Некоторые российские дизелестроительные предприятия, используя зарубежный опыт по конструированию и эксплуатации, приобретают лицензионное право производства современных моделей дизелей и агрегатов на базе ведущих мировых фирм. Это, например, ОАО «БМЗ» (г. Брянск), которое в течение нескольких десятилетий выпускает судовые малооборотные двигатели фирмы MAN B&W (Дания, Германия).

Назначение судовых МОД ОАО «БМЗ» – применение их в качестве главных судовых установок на судах транспортного и рыбопромыслового флота неограниченного района плавания.

Диапазон мощностей от 7860 до 29280 кВт. Диаметр цилиндров от 460 до 900 мм. Конструктивное исполнение дизелей должно обеспечивать:

- требуемую номинальную мощность и необходимую частоту вращения коленчатого вала;
- стабильную работу на дизельном топливе и моторном масле;
- высокий уровень автоматизации и электроники [2];
- техническое обслуживание и ремонт во всех портах мира.

На рисунке 1 представлен поперечный разрез и общий вид судового двухтактного крейцкопфного дизеля MAN B&W 6S60MC (крейцкопф – ползун). Технические данные судовых дизелей серии S-MC-C приведены в таблице 1 [3].

Для расчёта систем, механизмов и выбора их параметров необходимо рассмотреть общее устройство и работу дизеля MAN B&W 6S60MC-C. Фундаментная рама 1 двигателя (рисунок 2) составлена из высоких продольных балок соединенных сваркой с поперечными корпусными конструкциями, в которых размещены коренные опорные подшипники. Втулка цилиндра 6 опирается на блок цилиндров 7, причем её верхняя часть выведена из блока и охлаждается тонкой оболочкой, которая образует полость охлаждения. Штуцеры для подвода цилиндрического масла расположены в верхней части втулки. Крышка цилиндра 9 кованая с отверстиями для подвода охлаждающей воды. В крышке размещается один центральный выпускной клапан 11, через который осуществляется выпуск газов из цилиндра и две форсунки для впрыска топлива.

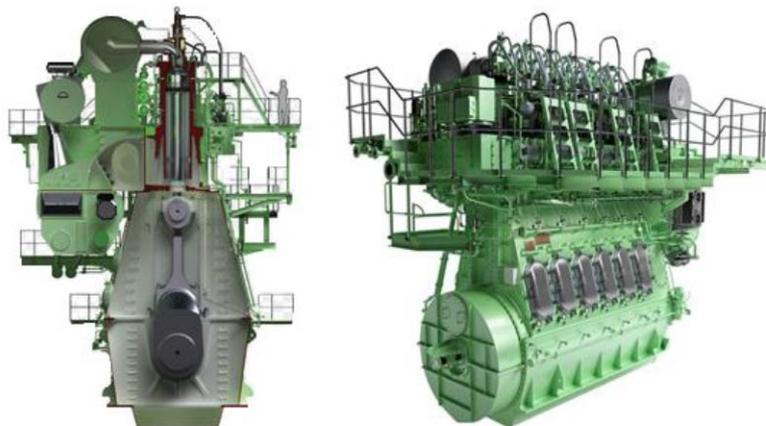


Рисунок 1 – Поперечный разрез и общий вид двухтактного крейцкопфного дизеля MAN B&W 6S60MC-C

Выпускной клапан 11 имеет гидравлический привод и открывается под действием давления масла. Поршень 12 изготовлен из жаростойкой хромомолибденовой стали, охлаждается маслом, которое подводится с помощью телескопического устройства к штоку 13 поршня в районе крейцкопфного соединения 15.

Таблица 1 – Характеристики судовых дизелей серии S-MC-C

Показатели	Типы малооборотных судовых дизелей					
	S46 MC-C	S50 MC-C	S60 MC-C	S70 MC-C	S80 MC-C	S90 MC-C
Цилиндровая мощность, кВт	1310	1580	2250	3100	3880	4880
Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	129	127	105	91	76	76
Среднее эффективное давление газов в цилиндре, МПа	1,90					
Ход поршня, мм	1932	2000	2400	2800	3200	3198
Диаметр цилиндра, мм	460	500	600	700	800	900
Отношение хода поршня к диаметру	4,2	4,0	4,0	4,0	4,0	3,55
Средняя скорость поршня, м/с	8,3	8,5	8,4	8,5	8,1	8,1
Удельный эффективный расход топлива г/(кВт·ч)	174	171	170	169	167	167
Число цилиндров	от 4 до 8					
Степень сжатия	13					
Система пуска	от сжатого воздуха давлением 3 МПа					

Шатун 16 имеет короткий стержень. Коленчатый вал 17 выполнен в виде сварной конструкции, сварка осуществлена в середине коренных шеек. Распределительный вал 14 вращается от коленчатого вала при помощи цепной передачи. Он приводит в действие насосы высокого давления, которые служат для подачи топлива в цилиндры. Отработавшие газы из коллектора 10 поступают к

турбокомпрессору 8. Цилиндры продуваются воздухом из ресивера 5, в который он поступает, проходя через охладитель 4. Продувка цилиндров на малых частотах вращения коленчатого вала может осуществляться двумя воздухоудувками с электрическим приводом, а на полной нагрузке – турбокомпрессором. Давление продувочного воздуха – 0,25 МПа, а коэффициент избытка воздуха – 1,5.

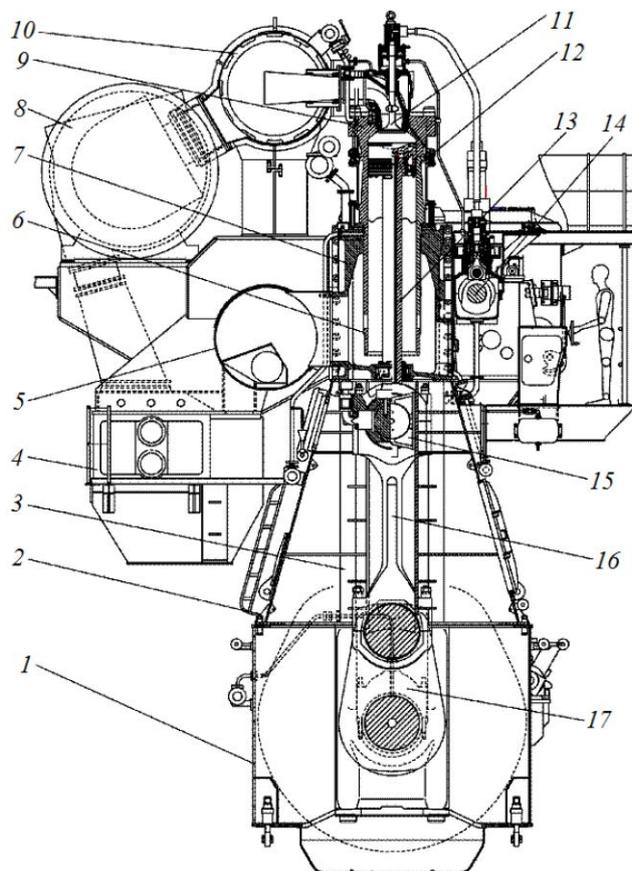


Рисунок 2 – Поперечный разрез дизеля MAN B&W 6S60MC-C

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Рабочий цикл двухтактного, крейцкопфного двигателя осуществляется следующим образом [4]. **Первый такт** соответствует ходу поршня от верхней мёртвой точки (ВМТ) к нижней мёртвой точке (НМТ). В цилиндре, например, только что произошло сгорание топлива, и начался процесс расширения газов (рабочий ход). Несколько раньше момента подхода поршня к продувочным окнам открывается выпускной клапан 11, и продукты сгоревшего топлива начинают перемещаться из цилиндра 6 в коллектор 10. Давление газов в цилиндре снижается. Продувочные окна открываются верхней частью поршня (днищем), и давление в цилиндре становится равным давлению сжатого воздуха в ресивере. Воздух, поступая в цилиндр через впускные (продувочные) окна, вытесняет оставшиеся

в цилиндре продукты сгорания через выпускной клапан и заполняет цилиндр. Таким образом, в течение первого такта в цилиндре происходит сгорание топлива, расширение газов (рабочий ход), выпуск газов, продувка и наполнение цилиндра воздухом.

Второй такт соответствует ходу поршня от НМТ к ВМТ. В начале хода поршня продолжают процессы удаления отработавших газов, продувки и наполнения цилиндра свежим зарядом (воздухом). Конец продувки цилиндра определяется моментом закрытия продувочных окон и выпускного клапана, который закрывается или одновременно с продувочными окнами, или несколько ранее. Давление в цилиндре к концу газообмена в двухтактных двигателях выше атмосферного и зависит от давления воздуха в ресивере. С момента окончания газообмена и полного перекрытия поршнем продувочных окон начинается процесс сжатия воздуха. Когда поршень не доходит за $10 - 30^\circ$ по углу поворота коленчатого вала до ВМТ, в цилиндр через форсунки начинает подаваться топливо под давлением более 100 МПа в распыленном виде. Вид топлива – мазут моторный. В течение второго такта в цилиндре происходит окончание выпуска, продувка и наполнение цилиндра в начале хода поршня и сжатие при его дальнейшем ходе (когда продувочные окна и выпускной клапан закрыты).

На рисунке 3 показан разрез головки цилиндров дизеля MAN B&W 6S60MC-C с расположением форсунок системы подачи топлива, выпускного клапана с его гидропневматическим приводом, рабочего поршня со штоком (крейцкопфа) и выпускного коллектора.

На рисунке 4 изображена втулка цилиндров диаметром 600 мм с тангенциальными продувочными окнами, которая выполнена из чугуна. В настоящее время все МОД выпускаются только с прямоточно-клапанной схемой продувки. Поток воздуха движется в виде вихря с полным вытеснением продуктов сгорания без перемешивания их с воздухом. Хорошая продувка и наполнение позволяют двигателю работать с низким значением коэффициента остаточных газов.

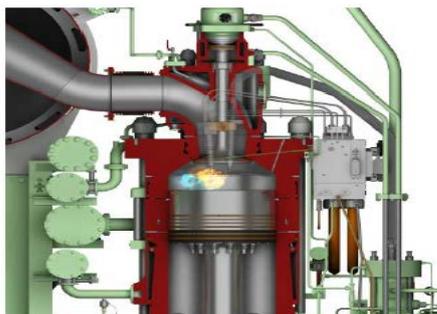


Рисунок 3 – Разрез головки цилиндров дизеля MAN B&W 6S60MC-C



Рисунок 4 – Общий вид втулки цилиндра с продувочными окнами

Тангенциальное расположение окон, которые выполнены касательно к окружности, обеспечивает закручивание потока воздуха, поступившего в цилиндр и его вращательное движение от продувочных окон к выпускному клапану. Вращательное движение сохраняется до конца сжатия и способствует улучшению смесеобразования, более полному сгоранию топлива, уменьшению удельного эффективного расхода топлива и снижению токсичности отработавших газов.

Благодаря хорошей очистке цилиндров от продуктов сгорания двигатель эффективно работает при небольшом коэффициенте избытка воздуха (1,50 – 1,60).

Выпускной клапан у всех МОД имеет гидравлический и пневматический привод. Клапан открывается под действием давления масла (до 3 МПа), действующего на поршень сервомотора, посаженного на хвостовик стержня клапана. Масло подаётся к сервоприводу поршневым насосом, который приводится в движение от кулачкового вала. Закрывается клапан давлением сжатого воздуха, действующего на поршень, который соединён со стержнем клапана (поршень перемещается в цилиндре, где давление достигает 2 МПа).

Наличие гидропневматического привода выпускного клапана повышает его надежность и долговечность. Гидропривод имеет цилиндр, в котором совершает движение поршень диаметром 10 см, установленный на хвостовике стержня клапана. Порядок расчета гидропривода выпускного клапана следующий.

Определим площадь поршня гидропривода клапана

$$A_{\text{пр}} = \frac{\pi d_{\text{пр}}^2}{4} = \frac{3,14 \times 10^2}{4} = 78,5 \text{ см}^2 = 75,5 \times 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (1)$$

На поршень в момент открытия выпускного клапана действует давление, создаваемое насосом, например, $P = 3 \text{ МПа}$.

Силу, действующую на гидравлический поршень, найдём из выражения

$$F_{\text{пр}} = A_{\text{пр}} \times P = 78,5 \times 10^{-4} \times 3 \times 10^6 = 23550 \text{ Н}. \quad (2)$$

При подходе рабочего поршня к продувочным окнам цилиндра выпускной клапан ещё не открыт и давление в цилиндре $P_{\text{ц}}$ выше избыточного давления в продувочном ресивере ($P_{\text{ц}}$ принимаем равным 0,3 МПа). Усилие прижатия поверхности головки клапана диаметром $d_{\text{зк}} = 0,3 \text{ м}$ к седлу определим по формуле

$$F_{\text{ГК}} = \frac{\pi d_{\text{ГК}}^2}{4} \times P_{\text{ц}} = \frac{3,14 \times 0,3^2}{4} \times 0,3 \times 10^6 = 21000 \text{ Н}. \quad (3)$$

Таким образом, $F_{\text{пр}} > F_{\text{зк}}$ на величину 2550 Н, что обеспечит открытие выпускного клапана. Начнется выпуск отработавших газов, процесс продувки и наполнение цилиндра воздушным потоком.

Закрытие выпускного клапана осуществляется при помощи пневматического привода с диаметром поршня 20 см. Поршень крепится на стержне выпускного

клапана диаметром 7 см. Активная площадь поршня (без учета площади стержня клапана) будет равна 276 см². При давлении воздуха в пневматическом цилиндре 1 МПа сила закрытия клапана будет равна 27600 Н.

Для дизеля, цикл которого завершается за один оборот коленчатого вала или два такта, эффективная мощность в кВт определяется выражением [5]

$$N_e = \frac{V_h \cdot i \cdot P_e \cdot n}{60}, \quad (4)$$

где V_h – рабочий объем цилиндра, л;

i – число цилиндров;

P_e – среднее эффективное давление газов в цилиндре, МПа;

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹ (число оборотов в минуту).

Среднее эффективное давление газов в цилиндре двигателя MAN B&W 6S60MC-C мощностью 13530 кВт, рабочим объемом 678 л, числом цилиндров 6, частотой вращения коленчатого вала 105 мин⁻¹ найдём из выражения

$$P_e = \frac{N_e \cdot 60}{V_h \cdot i \cdot n} = 13530 \cdot 60 / (678 \cdot 6 \cdot 105) = 1,9 \text{ МПа}. \quad (5)$$

По величине P_e выбирают оптимальное значение давления продувочного воздуха (давления наддува) и выполняют расчет деталей КШМ на прочность. Величина P_e зависит также от следующих параметров

$$P_e = \frac{H_u \times \eta_i \times \eta_v \times \eta_m \times \rho_k}{L_o \times \alpha}, \quad (6)$$

где H_u – низшая теплота сгорания топлива, 42 · 10⁶ Дж/кг;

η_i – индикаторный КПД, 0,45 – 0,55;

η_v – коэффициент наполнения, 0,85 – 0,95;

η_m – механический КПД, 0,8 – 0,9;

ρ_k – плотность заряда, кг/м³;

L_o – теоретически необходимое количество воздуха для сжигания одного кг топлива, 14,6 – 14,8 кг/кг;

α – коэффициент избытка воздуха, 1,5 – 2,0.

Для режима номинальной мощности цикловую подачу топлива в мм³ для дизеля MAN B&W 6S60MC-C определим по формуле [5]

$$q_{ц} = \frac{N_e \cdot q_e \cdot 1000}{i \cdot \eta_n \cdot \rho_T \cdot 60} = \frac{13530 \cdot 170 \cdot 1000}{6 \cdot 105 \cdot 0,9 \cdot 60} = 67610 \text{ мм}^3, \quad (7)$$

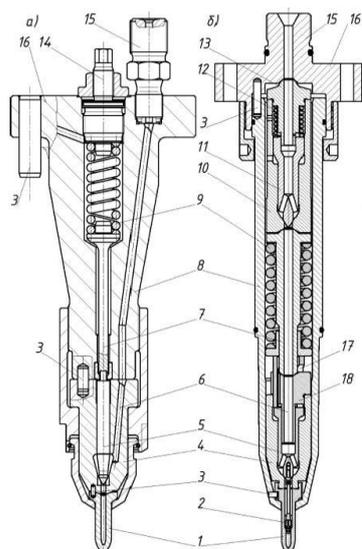
где N_e – эффективная номинальная мощность, $N_e=13530$ кВт;
 q_e – удельный эффективный расход топлива, $q_e=170$ г/кВт·ч;
 i – число цилиндров, $i=6$;
 n_n – частота вращения вала насоса, $n_n=105$ мин⁻¹;
 ρ_T – плотность топлива, $0,9$ г/см³ $\rho_T=900$ кг/м³.

В головке цилиндров установлены две форсунки, цикловая подача топлива каждой из них составит 33805 мм³. При установке насоса высокого давления и форсунок с механическим управлением давление топлива достигает 100 МПа. Средний перепад давления впрыска топлива принимаем равным 60 МПа.

Главной отличительной особенностью форсунок МОД является использование в них сменных наконечников распылителя (рисунок 5, 6). Это важно для двигателей, особенно при их работе на мазутах, так как позволяет заменять сопловый наконечник, имеющий наименьший ресурс, без замены дорогостоящей прецизионной пары иглы и корпуса распылителя. Для форсунок МОД используются многоструйные распылители, которые обеспечивают наилучшее смесеобразование в неразделенных камерах сгорания (рисунок 6).

Сопловые отверстия формируют факел распыленного топлива, который должен быть равномерно распределён в пространство камеры сгорания. Отверстия приходится располагать с одной стороны соплового наконечника, слегка смещая их на некоторый угол и по высоте (рисунок 6, а). При этом сопловый наконечник приходится удлинять, увеличивая тем самым площадь выступающей части.

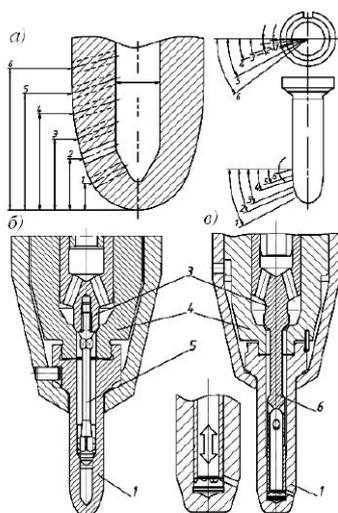
Нижняя часть распылителя представляет собой сопловый наконечник, в котором имеется ряд отверстий, просверленных под определённым углом к оси рабочего цилиндра. Число отверстий может составлять от 1 до 10, а их диаметр колеблется от 0,2 до 1,0 мм. Ход иглы ограничивается специальным упором в корпусе форсунки. Высота подъёма иглы обычно лежит в пределах от 0,5 до 1,5 мм и зависит от размеров форсунки и количества впрыскиваемого ею топлива.



а) – дизели серии RTA 58 T фирмы Wartsila; б) – дизели серии МС фирмы MAN; 1 – наконечник распылителя с сопловыми отверстиями; 2 – подвесной клапан; 3 – установочный штифт; 4 – корпус иглы; 5 – игла распылителя; 6 – канал подвода топлива к распылителю; 7 – штанга; 8 – корпус форсунки; 9 – пружина; 10 – корпус циркуляционного клапана; 11 – циркуляционный клапан; 12 – пружина циркуляционного клапана; 13 – упор циркуляционного клапана; 14 – винт для регулировки давления начала открытия иглы; 15 – штуцер подвода топлива; 16 – фланец крепления форсунки; 17 – промежуточный упор; 18 – направляющая иглы

Рисунок 5 – Форсунки судовых малооборотных двигателей

На рисунке 6 показаны распылители форсунок малооборотных дизелей.



а – расположение сопловых отверстий в наконечнике распылителя (дизели серии МС фирмы MAN); б – с дополнительной иглой (клапаном) подвешного типа (дизели серии МС фирмы MAN); в – с дополнительной иглой золотникового типа (дизели серии МС и МЕ фирмы MAN);
 1 – сменный сопловый наконечник; 2 – внешний корпус распылителя;
 3 – игла; 4 – корпус иглы; 5 – подвешной конусный клапан;
 6 – золотниковый клапан соплового наконечника
 Рисунок 6 – Распылители форсунок малооборотных дизелей

Главным параметром распылителя форсунки является диаметр соплового отверстия. Для оценки расчетного значения эффективного сечения распылителя μF определим теоретическую скорость истечения дизельного топлива через сопловые отверстия

$$v_T = \sqrt{2 \cdot \Delta P / \rho_T}, \tag{8}$$

где ΔP – средний перепад давления топлива перед сопловыми отверстиями, Па.

$$v_T = \sqrt{2 \cdot 600 \cdot 10^5 / 900} = 365 \text{ м/с или } 365000 \text{ мм/с.}$$

Объёмный расход топлива Q в мм³/с определим из выражения

$$Q = \mu F \cdot v_T, \tag{9}$$

где μF – эффективное проходное сечение распылителя, мм².

Объёмный расход топлива за цикл в мм³/с определим так же по его количеству ($q_{ц}$) поданному в камеру сгорания за время впрыска τ [6]

$$Q = \frac{q_{ц}}{\tau}. \quad (10)$$

Зная продолжительность впрыска φ_B в градусах поворота коленчатого вала (например, 30°), частоту вращения вала насоса n_n в мин⁻¹, время впрыска определим из выражения

$$\tau = \frac{\varphi_B}{6 \cdot n_n} = \frac{30}{6 \cdot 105} = 0,05 \text{ с}. \quad (11)$$

Значение объёмного расхода топлива через распылитель форсунки составит $Q = \frac{33805}{0,05} = 676100 \text{ мм}^3 / \text{с}$, откуда

$$\mu F = \frac{Q}{v_T} = \frac{676100}{365000} = 1,86 \text{ мм}^2. \quad (12)$$

При коэффициенте расхода θ , равном 0,7 [7-9], суммарная площадь сопловых отверстий составит 2,66 мм². При числе сопловых отверстий 6, площадь сечения одного сопла F_c будет равна 0,45 мм². По известной величине площади соплового отверстия определим его диаметр d_c [6]

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \cdot F_c}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,45}{3,14}} = 0,8 \text{ мм}. \quad (13)$$

Число и диаметр сопловых отверстий распылителя уточняется в процессе доводочных испытаний топливной аппаратуры совместно с двигателем. Конструктивные и регулировочные параметры насоса высокого давления и форсунок должны обеспечивать минимальный удельный эффективный расход топлива [не более 170 г/(кВт · ч)] и допустимую токсичность отработавших газов.

Давление открытия иглы форсунки принимаем равным 32 МПа.

Величина цикловой подачи необходима при диагностировании топливной аппаратуры, а также в процессе её регулирования. По значению цикловой подачи (67,6 см³) определяют часовой расход топлива $G_{ч}$ для всех 6 цилиндров двигателя с учётом частоты вращения коленчатого вала равной 105 мин⁻¹.

$$G_{\text{ч}} = q_{\text{ц}} \times i \times n_{\text{н}} = 67,6 \times 6 \times 105 \times 60 = 2555280 \text{ см}^3 / \text{ч} \text{ или } 2555 \text{ л/ч.} \quad (14)$$

Если дизель работает при 30 % нагрузке, то часовой расход топлива составит 765 л/ч. За сутки это будет примерно 18 т.

Часовой расход топлива можно определить по другой формуле [6]:

$$G_{\text{ч}} = N_e \times q_e = 13530 \times 0,17 = 2300 \text{ кг/ч.}$$

При значении плотности топлива 900 кг/м³ значение $G_{\text{ч}} = 2555 \text{ л/ч}$. Здесь $q_e = 0,17 \text{ кг/(кВт·ч)}$ – удельный эффективный расход топлива.

Экономичность двигателя в значительной степени зависит от коэффициента избытка воздуха α . Количество воздуха должно быть минимальным, но достаточным для полного и эффективного сгорания топлива.

Коэффициент избытка воздуха – это отношение действительно поступившего количества воздуха в цилиндр к теоретически необходимому для сгорания 1 кг топлива:

$$\alpha = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{т}}}, \text{ при } M_{\text{д}}=M_{\text{т}} \alpha = 1 \quad (15)$$

Используя формулу Менделеева – Клапейрона [10, 11] можно определить массу воздуха, поступившую в цилиндр во время его наполнения

$$P \times V = m \times R \times T, \quad (16)$$

где P – абсолютное давление, Па;

V – объём цилиндра двигателя без учёта объёма, занятого продувочными окнами, м³;

m – масса поступившего в цилиндр воздуха, кг;

R – удельная газовая постоянная для воздуха 287 Дж/(кг·К);

T – температура, К.

Пусть абсолютное давление в ресивере перед продувочными окнами равно 0,25 МПа. В результате потерь энергии на сужение, трение во впускных каналах, создание тангенциальных вихрей давление воздуха, которое поступило в цилиндр, уменьшилось до 0,2 МПа. Объём цилиндра диаметром 60 см и активным ходом поршня 220 см до продувочных окон составит 0,62 м³. Температуру воздуха в цилиндре принимаем 320 К.

Масса воздуха, которая поступила в цилиндр, с учетом уравнения (16) будет равна

$$m = \frac{0,2 \times 10^6 \times 0,62}{287 \times 320} = 1,35 \text{ кг.} \quad (17)$$

При плотности судового топлива $0,9 \text{ г/см}^3$ (ГОСТ Р 54299-2010), его количество в г с учетом уравнения (7) будет равно $67,6 \times 0,9 = 66,8 \text{ г}$. Отношение массы поступившего воздуха к массе топлива составит $\frac{1350}{66,8} = 20,2$. Для сгорания 1 г топлива необходимо 14,8 г воздуха. Коэффициент избытка воздуха будет равен $\alpha = \frac{20,2}{14,8} = 1,5$. Полученный результат расчёта соответствует техническим данным судового дизеля MAN B&W 6S60MC-C.

В процессе испытания двигателя величину α более точно определяют по формуле

$$\alpha = \frac{M_B}{L_T \times G_T}, \quad (18)$$

где M_B – массовое количество воздуха, поступившее в цилиндры на данном режиме испытания, кг/ч;

L_m – теоретическое массовое количество воздуха, необходимое для сжигания 1 кг топлива, $\approx 15 \text{ кг/кг}$;

G_m – часовой расход топлива, кг/ч.

Плотность воздуха ρ_g определяют по формуле

$$P = \rho_B \times R \times T, \quad (19)$$

где P – абсолютное давление, Па;

R – газовая постоянная для воздуха 287 Дж/(кг·К) ;

T – температура, К.

Для $P = 2 \times 10^5 \text{ Па}$, $T = 320 \text{ К}$, $\rho_B = 2,18 \text{ кг/м}^3$.

С достаточной для практики точностью плотность воздуха, поступившего в один цилиндр, рекомендуется определять по следующей методике. Вначале определяют необходимый часовой расход воздуха (кг/ч), при котором обеспечивается полное сгорание топлива:

$$M_B = \alpha \times L_T \times q_e \times N_{ey}, \quad (20)$$

Для $\alpha = 1,5$; $L_T = 14,8$; $q_e = 0,17 \text{ кг/кгВт ч}$; $N_{ei} = 2255 \text{ кВт}$; $M_B = 8523 \text{ кг/ч}$.

За одну секунду в цилиндр двигателя поступит следующее количество воздуха:

$$M_{BC} = \frac{M_B}{3600} = \frac{8523}{3600} = 2,37 \text{ кг/с.} \quad (21)$$

Масса воздуха, поступившего в один цилиндр за цикл (один оборот коленчатого вала для двухтактного дизеля) равна:

$$M_{BC} = \frac{\alpha \times L_T \times q_e \times N_{ei} \times 60}{3600 \times n} = \frac{1,5 \times 14,8 \times 0,17 \times 2255 \times 60}{3600 \times 105} = 1,36 \text{ кг.}$$

Плотность воздуха, поступившего в цилиндр дизеля

$$\rho_B = \frac{M_{BC}}{V_h} = \frac{1,36}{0,62} = 2,2 \text{ кг/м}^3. \quad (22)$$

Среднюю скорость рабочего поршня определим по формуле

$$C_{cp} = \frac{2 \cdot L_n \cdot n}{60} = \frac{L_n \cdot n}{30}, \quad (23)$$

где L_n – ход рабочего поршня, м;

n – частота вращения коленчатого вала, мин⁻¹.

При $L_n = 2,4 \text{ м}$, $n = 105 \text{ мин}^{-1}$, величина $C_{cp} = 8,4 \text{ м/с}$.

От значения скорости поршня зависят его ускорение и силы, действующие на кривокопфный и кривошипно-шатунный механизмы. В кривокопфном механизме рабочий поршень и шток совершают только возвратно-поступательное движение по оси цилиндра. Боковая сила от поршня на стенку цилиндра будет минимальной, по этой причине износ поршня и цилиндра будет незначительным.

На шести цилиндровом дизеле MAN V&W 6S60MC-C установлен коленчатый вал с кривошипами, расположенными под 120°. Порядок работы цилиндров 1-5-3-4-2-6. При рядном расположении цилиндров и с данной формой коленчатого вала двигатель полностью уравновешен естественным способом от сил инерции и моментов от этих сил [12].

ВЫВОДЫ

1 Рассмотрены особенности устройства и принципа действия двухтактного, крейцкопфного судового малооборотного дизеля MAN B&W 6S60MC-C с диаметром цилиндра 600 мм, ходом поршня 2400 мм, частотой вращения коленчатого вала 105 мин^{-1} , эффективной мощностью 13530 кВт.

2 Приведён расчёт гидродневматического привода выпускного клапана.

3 По известной мощности, литражу двигателя, частоте вращения коленчатого вала определено необходимое среднее эффективное давление газов в цилиндре.

4 Предложена формула для расчёта цикловой подачи топлива. Дан расчёт часового расхода топлива. Определён диаметр сопловых отверстий распылителей форсунок.

5 Предложено выражение для определения коэффициента избытка воздуха в зависимости от массы поступившего воздуха в цилиндр и массы поданного топлива в камеру сгорания.

6 Приведена методика определения плотности воздуха, поступившего в цилиндры дизеля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта: учебное пособие / Г. А. Конкс, В. А. Лашко. – М. : Машиностроение, 2005. – 512 с.

2 Судовые дизельные установки. Системы автоматического регулирования : учебное пособие / Г. А. Конкс, В. А. Лашко. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2011. – 462 с.

3 Современные подходы к конструированию поршневых двигателей: учебное пособие / Г. А. Конкс, В. А. Лашко. – М. : «МОРКНИГА», 2009. – 388 с.

4 История двигателестроения и введение в направление [Электронный ресурс] : практикум / Ю.П. Макушев, А.Л. Иванов. Омск, СибАДИ, 2018. – 89 с. Режим доступа : <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd596.pdf>.

5 **Макушев, Ю. П.** Расчёт систем и механизмов двигателей внутреннего сгорания математическими методами / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова, Л. Ю. Михайлова, А.В. Филатов : учеб. пособие. – Омск : СибАДИ, 2011. – 284 с.

6 Основы научных исследований и испытаний двигателей. [Электронный ресурс] : практикум / Ю. П. Макушев, В. И. Подгурский, Л. Ю. Волкова. Кафедра тепловые двигатели и автотракторное электрооборудование. – Омск : СибАДИ, 2019. – Режим доступа: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd1033.pdf>.

7 **Трусов, В. И.** Форсунки автотракторных дизелей / В. И. Трусов, В. П. Дмитриенко, Г. Д. Масляный. – М. : Машиностроение, 1977. – 167 с.

8 **Волкова Л. Ю., Макушев Ю. П.** Диагностирование форсунок дизелей по объёму сливаемого топлива из дренажной магистрали // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 4.

9 **Макушев Ю. П., Рындин В. В., Волкова Л. Ю.** Особенности эксплуатации топливной аппаратуры дизеля с замкнутым объёмом форсунок // Наука и техника Казахстана. – 2019. – № 3.

10 Химмотология : учебное пособие / Ю. П. Макушев, А. П. Жигadlo, Л. Ю. Волкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Омск : СиБАДИ, 2019. – 156 с.

11 **Рындин, В. В.** Теплотехника: монография / В. В. Рындин. – Павлодар : Издательство «Кереку», 2007. – 460 с.

12 **Попык, К. Г.** Динамика автомобильных и тракторных двигателей / К. Г. Попык. – М. : Высшая школа, 1972. – 327 с.

Материал поступил в редакцию 16.12.19.

Волкова Лариса Юрьевна

т.ғ.к., доцент «Кемелік энергетикалық қондырғылар және жылуэнергетикасы» кафедрасы,

Калининград мемлекеттік техникалық университеті,

Калининград қ., 236000, Ресей Федерациясы,

e-mail: volkova0969@mail.ru

Материал баспаға 16.12.19. түсті.

Құрылғы, пайдалану принципі және екіншіліктің есептеу негіздері жүтіптік MAN diesel B&W 6S60MC-C

Құрылғының ерекшеліктері және екі инсультпен жүретін теңіз жылдамдығы томен MAN B&W 6S60MC-C дизельді қозғалтқышының жұмыс принципі қарастырылған. Шығару клапанының гидронневматикалық жетегін есептеу әдісі ұсынылған. Цилиндрдегі белгілі орташа тиімді газ қысымы белгілі қуаттан, қозғалтқыштың жылжуынан, қозғалтқыш жылдамдығынан анықталады. Орташа тиімді қысымға негізінен зарядтың тығыздығы мен артық ауаның коэффициенті әсер ететіндігі көрсетілген. Циклдік беріліс пен сағат сайынғы отын шығыны есептелген. Саңылауларға арналған саптамалардың тесіктерінің диаметрі анықталады. Артық ауаның коэффициенті цилиндрге кіретін ауаның массасына және жану камерасына берілген отынның массасына байланысты анықталады. Цилиндрге кіретін ауаның тығыздығын анықтау әдісі ұсынылады.

Кілтті сөздер: қуат, кросс, екі қозғалтқыш, тепе-теңдік, циклдік қамтамасыз ету, отын шығыны, артық ауаның коэффициенті.

Volkova Larisa Iurevna

Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Department of «Ship Power Stations and Power System»,

Kaliningrad State Technical University,

Kaliningrad, 236000, Russian Federation,

e-mail: volkova0969@mail.ru.

Material received on 16.12.19.

**Details, principle of operation and basis of calculation of shipping
two-stroke crosshead diesel MAN B&W 6S60MC-C**

Features of the device and an operation principle of the duple, crosshead ship low-reverse diesel MAN B&W 6S60MC-C are considered. The method of calculation of the hydropneumatic drive of the final valve is given. Necessary mean effective pressure of gases in a cylinder is determined by the known power, engine liter capacity, rotating speed of a bent shaft. It is shown that on the value of mean effective pressure the main influence is rendered by the charge density and coefficient of excess of air. Calculation of cyclic giving and hour fuel consumption is given. The diameter of nozzle holes of atomizers nozzles is determined. The coefficient of excess of air depending on the mass of the air which came to a cylinder and mass of the fuel given to the combustion chamber is defined. The technique of determination of density of the air which came to a cylinder is offered.

Keywords: power, crosshead, two-stroke engine, steadiness, cyclic giving, fuel consumption, coefficient of excess of air.

ГРНТИ 55.15.23

Ерсаин Куат Сагындыкович

магистрант, кафедра «Металлургия»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: savage.mind.96@gmail.com

Суюндиков Мерхат Мадениевич

к.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Металлургия»,
Факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: suyundikovm@mail.ru

Толымбекова Лязат Байгабыловна

PhD, асоц. профессор (доцент), кафедра «Металлургия»,
факультет металлургии, машиностроения и транспорта,
Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан,
e-mail: lyazat-t@mail.ru

ПОДБОР СОСТАВА ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ И ПРИМЕНЕНИЕ КРИОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПО ВЫПЛАВЛЯЕМЫМ МОДЕЛЯМ

В статье приведены результаты экспериментов по применяемым добавкам в формовочный состав, при литье по выплавляемым моделям, а также использование нового вида моделей на основе льда, с целью использования альтернативной технологии, позволяющей снизить себестоимость отливок. Установлен температурный режим прокаливании формы, а также подобраны составы формовочной смеси для литья по выплавляемым моделям. Разработан технологический режим получения отливок с применением моделей по криотехнологии.

Ключевые слова: литье, модель, заготовка, форма, воск, формовочная смесь, отливка, криотехнология.

ВВЕДЕНИЕ

В литейном производстве для получения отливок сложной конфигурации или важных технологических отливок применяют такие виды литья, которые позволяют получить высокоточные изделия с наименьшей механической обработкой после отливки. Одним из таких видов литья является литье по выплавляемым моделям. Данный способ универсален тем, что возможно изготовить отливки самой сложной конфигурации практически из любых сплавов, а также получить высокую точность и чистоту поверхности отливки. Но данный способ также имеет и недостатки, основными из которых являются высокая стоимость отливок и длительный технологический процесс [1]. В связи с этим данный способ требует дальнейших исследований по поиску альтернативных технологий.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Программа экспериментального исследования состояла из двух самостоятельных частей. В первой части были проведены опыты с использованием различных компонентов формовочной смеси и подбором оптимального температурного режима прокаливания формы. Во второй части исследований проводились опыты по определению возможности применения криотехнологии, а именно использование льда в качестве модели для литья по выплавляемым моделям, с целью снижения себестоимости конечного продукта.

Первым этапом являлось создание заготовки модели из литейного воска (воск+стеарин). Заготовка создавалась путем многократного погружения стальной трубки, диаметром $\varnothing 20$ мм, в расплавленный воск при $t = 90$ °С.

Технология увеличения диаметра заготовки:

- 1) Погружение в воск на 2 секунды;
- 2) Извлечение и кратковременное отстаивание трубки на воздухе в течении 5 секунд для остывания воска, затем повтор процедуры до получения нужного диаметра заготовки (рисунок 1).



Рисунок 1 – Заготовка модели из воска

После первого этапа следует остывание заготовки на воздухе до полного охлаждения воска, для увеличения его прочности, с целью дальнейшего создания необходимой формы и размеров кольца.

Остывшая заготовка извлекалась с трубки путем отрезания прилипших частей воска по вертикали сверху и снизу. Полученная форма использовалась для дальнейшего создания нужной геометрии изделия (рисунок 2).



Рисунок 2 – Заготовка кольца из воска

Воск практически идеальный материал для создания художественных, ювелирных и других отливок, требующих высокую геометрическую точность. Его можно многократно переплавлять, напавать и т.д. Температура плавления воска 70–100 °С в зависимости от вида воска [2]. Это позволяет без труда работать с воском при комнатной температуре, не опасаясь потери формы модели (рисунок 3).



Рисунок 3 – Модель из воска

После этапа формирования геометрии модели происходит стадия напавания литниковой системы. Для более сложной отливки можно установить несколько литников, для исключения образования в отливке недоливов, неметаллических включений и компенсации объемной усадки в период затвердевания металла [3].

Далее следует установка модели и литников на основании, изготовленном из пластилина, в форме чаши и герметизация данной основы, для предотвращения протекания формовочной смеси (рисунок 4)



Рисунок 4 – Установка модели

Правильно подобранная смесь – это один из основных критериев получения качественной отливки. Существуют специальные формовочные смеси, которые имеют мелкую фракцию, хорошую прочность при затвердевании формы, высокую термостойкость [4]. Но все это повышает их стоимость, а в дальнейшем это сказывается на стоимости конечного продукта.

С целью снижения себестоимости отливок, было решено использовать строительный гипс марки Г-6 и мелкодисперсный кварцевый песок $d \leq 0,2$ мм. Соотношение количества смешиваемых компонентов взято 1:1. Такое соотношение позволяет смеси выдерживать температуру заливки металла около 1200 °С, иметь достаточную прочность при применении способа заливки металла под давлением, в ходе которого стенки формы испытывают напряжение [3]. Количественное соотношение компонентов на 100 г смеси указано в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношение компонентов формовочной смеси

Компонент	Содержание, %
Гипс строительный (Г-6)	36
Кварцевый песок	36
Вода	28

Далее после заливки формовочной смеси и её затвердевания образуется форма, из которой необходимо вытопить воск.

Также одной из ключевых стадий данного метода является правильно подобранный температурный режим удаления влаги из гипсовой смеси. Удаление влаги способствует увеличению газопроницаемости гипса [5], т.е. исходящие газы будут лучше выходить через гипс. Первоначально после затвердевания формы ее необходимо поставить в заранее разогретую печь до 150 °С в течении двух часов. Это делается для вытопки воска и просушки гипса от лишней влаги [6].

Следующая стадия прогрев при температуре 300–350 °С в течении двух часов. Резкое поднятие температуры может вызвать растрескивание формы и чрезмерно высокое паровыделение. Третья стадия – прокаливание при 650–700 °С в течении двух часов. На данной стадии полностью испаряется оставшийся воск в форме. Последняя стадия – это выход на температуру заливки, около 450 °С. Температурный режим прокаливании формы представлен на рисунке 5.

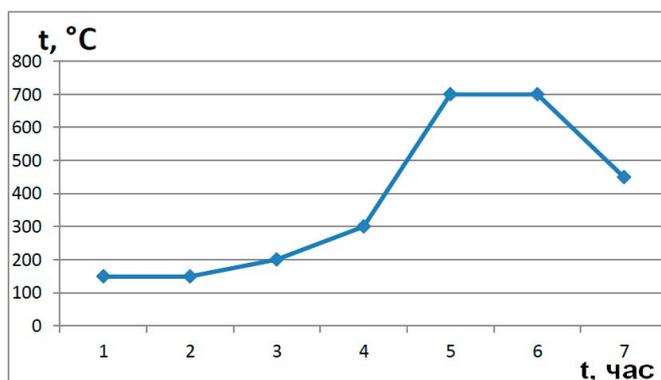


Рисунок 5 – Температурный режим прокаливании формы
 После заливки металла и остывания формы идет изъятие отливки и ее дальнейшая механическая обработка (рисунок 6).
 Отливка из латуни представлена на рисунке 7.



Рисунок 6 – Механическая обработка отливки



Рисунок 7 – Отливка из латуни

В результате экспериментов выявлено, что данный состав формовочной смеси из доступных компонентов может быть использован для получения сложных по конфигурации отливок, что позволяет снизить затраты на стоимость изделий.

Наряду с новыми методами литья также одним из перспективных способов получения отливок является криотехнология, т.е. применение моделей из льда [7–8]. В связи с этим были проведены опыты по отливке изделий данным способом. Модель создавалась путем заливки проточной воды в силиконовую форму (рисунок 8).



Рисунок 8 – Заливка силиконовой формы водой

Ключевым недостатком моделей из льда является быстрая потеря геометрической формы при комнатной температуре [9]. Вследствие этого был подобран такой формовочный состав смеси, который бы позволял сформировать геометрию модели очень быстро. Для данной задачи оптимальным решением является смесь на основе гипса с добавлением небольшого количества кварцевого песка и бентонитовой глины. Количественное содержание компонентов формовочной смеси представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Количественное содержание компонентов формовочной смеси для литья с применением ледяных моделей

Компонент	Содержание, %
Гипс строительный (Г-6)	65
Бентонитовая глина	5
Кварцевый песок	10
Вода	20

Добавление кварцевого песка в данный состав обусловлено тем, что он позволяет повысить термостойкость формы, а это дает возможность заливать в форму металлы, имеющие температуру плавления около 1000–1100 °С. Бентонитовая глина имеет способность расширения путем набухания при смачивании водой, что при его введении в песчаную смесь уплотняет и связывает оболочковый слой у поверхности полости формы [4].

Данная смесь позволяет сформировать форму модели в течении 5–7 минут, но для получения качественной отливки этого недостаточно, так как лед теряет свою форму очень быстро. Поэтому была использована заморозка формы сразу после заливки формовочной смеси. После образования формы нет необходимости вытапливать модельный состав, так как лёд при комнатной температуре расплавляется стремительно, и следует только слить воду из формы [9–10]. Далее следует сушка при постепенном подъеме температуры до 200 °С в течении 2 часов, затем для полного удаления влаги, которая находится в связанном состоянии с гипсом, прокаливание при 600 °С в течении 1–2 часов. Примеры работ по криотехнологии представлены на рисунках 9–12.



Рисунок 9 – Форма с применением модели из льда без литниковой системы



Рисунок 10 – Отливка из алюминия



Рисунок 11 – Модель из льда



Рисунок 12 – Отливка из алюминия

Применение моделей из льда показало их возможное применение в получении отливок несложной конфигурации при литье по выплавляемым моделям. Это характеризует данный метод, как один из альтернативных методов.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований были подобраны формовочные смеси из доступных компонентов, определен оптимальный температурный режим, возможно при помощи компьютерных программ [11], прокаливания формы при литье по выплавляемым моделям с применением моделей из воска и льда.

Применение моделей изо льда позволяет снизить затраты на воскообразные модельные составы, потеря которых может быть от 10 до 30 % от первоначальной массы модели. Также использование моделей на основе воды дает возможность избежать стадии вытопки воска и сокращения процесса прокаливания и обезвоживания гипсовой формы на 35–45 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Тертерашвили, Д. Г.** Преимущества процесса литья по выплавляемым моделям / Д. Г. Тертерашвили, Д. В. Туришев, А. Н. Коноплин – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2019. – 89–92 с.

2 **Туйдукова, Л. А.** Усовершенствование технологии художественного литья по выплавляемым моделям / Л. А. Туйдукова, Ш. Р. Мухаметзянов, А. Р. Шайхутдинова – Уфа : Омега сайнс, 2019. – С. 286–291.

3 **Фролченков, Д. С.** Новый способ литья по выплавляемым моделям с герметизацией под давлением / Д. С. Фролченков, И. Н. Кашубский. – Красноярск : Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева, 2018. – С. 469–471.

4 **Халтурина, Д. В.** Связующие компоненты для литья по выплавляемым моделям / Д. В. Халтурина, Д. Е. Бушуев, А. П. Родзевич. – Томск : Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2018. – С. 139–141.

5 **Чумаченко, Г. В.** Определение газопроницаемости керамических оболочек для литья по выплавляемым моделям / Г. В. Чумаченко, В. Ю. Пичеев. – Ростов-на-Дону : Донской государственный технический университет, 2018. – С. 80–81.

6 **Леушина, Л. И.** Повышение энергоэффективности литья по выплавляемым моделям в рамках стратегии импортозамещения. – Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. – С. 78–83.

7 **Дорошенко, В. С.** Криотехнология литья по ледяным моделям – М. : Литейное производство, 2013. – № 3. – С. 16–20.

8 **Дорошенко, В. С.** Разработка технологии литья по ледяным моделям с использованием явлений, наблюдаемых в природе. – М.: Российская ассоциация литейщиков, 2017. – С. 17–25.

9 **Дорошенко, В. С.** Варианты твердения формовочных смесей при литье по выплавляемым моделям. – М. : Литейное производство, 2016. – С. 29–34.

10 **Дорошенко, В. С.** Многовариантность использования ледяных моделей при литье в песчаные формы – Киев : Металл и литье Украины, 2010. – № 12. – С. 17–20.

11 **Тарасенко, А. С., Гурбик, Н. И., Левенец, М. А., Литвиненко, Р. Р., Шамкенова, С. О., Быков, П. О.** Компьютерное моделирование литейных процессов в САЕ LVMFLOWCV // Наука и техника Казахстана. – 2014. – № 1–2. – С. 92–95.

Материал поступил в редакцию 02.03.20.

Ерсаин Куат Сагындыкович

магистрант, «Металлургия» кафедрасы,
Металлургия, машина жасау және көлік факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: savage.mind.96@gmail.com

Суюндиков Мерхат Мадениевич

т.ғ.к., профессор, «Металлургия» кафедрасының меңгерушісі,
металлургия, машина жасау және көлік факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: suyundikovm@mail.ru

Толымбекова Лязат Байгабыловна

PhD докторы, қауымд. профессор (доцент),
«Металлургия» кафедрасы, Metallurgy,
машина жасау және көлік факультеті,
С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы,
e-mail: lyazat-t@mail.ru

Материал баспаға 02.03.20 түсті.

**Қалыптау қоспасының құрамын таңдап алу және балқытылатын
үлгілер бойынша құю үшін криотехнологияларды қолдану**

Мақалада балқытылатын үлгілер бойынша құю кезінде қалыптау құрамына қолданылатын қоспалар бойынша, эксперименттер нәтижелері, сондай-ақ құймалардың өзіндік құнын төмендетуге мүмкіндік беретін баламалы технологияны қолдану мақсатында мұз негізіндегі модельдердің жаңа түрін пайдалану келтірілген. Қалыпты қыздырудың температуралық режимі анықталып, сонымен қоса балқытылатын үлгілер бойынша құюға арналған қалыптау қоспасының құрамы іріктеліп алынды. Криотехнология бойынша үлгілерді қолдана отырып құймаларды алудың технологиялық режимі әзірленді.

Кілтті сөздер: құю, үлгі, дайындама, қалып, балауыз, қалыптау қоспасы, құйма, криотехнология.

Yersain Kuat Sagyndykovich

Master Student,
Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport,
S. Toraihyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: savage.mind.96@gmail.com

Suyundikov Merhat Madeenievich

Candidate of Technical Sciences, Professor,
Department of «Metallurgy»,
Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport,

S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: suyundikovm@mail.ru

Tolymbekova Lyazat Baygabylovna

PhD, Associate Professor, Department of «Metallurgy»,
Faculty of Metallurgy, Mechanical Engineering and Transport,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan,
e-mail: lyazat-t@mail.ru

Material received on 02.03.20.

Selection of the composition of the molding mixture and the appliance of cryotechnology for casting on smelted models

The article presents the results of experiments on the additives used in the molding composition, when casting on the smelted models, as well as the use of a new type of models based on ice, with aim to make an alternative technology that allows reducing the cost of castings. The temperature mode of calcination of the mold is seated, as well as the compositions of the molding mixture for casting on the smelted models are selected. A technological mode for producing castings using models on cryotechnology has been developed.

Keywords: casting, model, billet, form, wax, molding mixture, cast, cryotechnology.

**РЕКТОР ФЕДОР КОНСТАНТИНОВИЧ БОЙКОНЫҢ
100 ЖЫЛДЫҒЫНА**

Toraighyrov University қабырғасында Павлодар индустриалдық институтының ректоры, техника ғылымдарының докторы, ҚР Минералдық ресурстар академиясының академигі, ғалым-өнертапқыш Федор Константинович Бойконың 100 жылдығына арналған халықаралық конференция болып өтті.

Ғалым, техника ғылымдарының докторы, профессор Фёдор Константинович Бойко Қазақстан Республикасы Павлодар облысы Павлодар ауданының Рождественка селосында 1920 жылы 20 ақпанда дүниеге келді.

1939 жылы техник-электрик мамандығы бойынша Ленинград техникумын бітіріп, Астрахань облысындағы «Басқұншау тұз өндіруі» зауыт басқармасына жолдамамен жұмысқа жіберілді.

1941 жылы тамызда әскер қатарына шақырылып, Завказказье майдан құрамында Ұлы Отан соғысына қатысты. 1946 жылы маусымда елге оралды. Осы жылдың шілде айында Бүкілодақтық сырттай индустриалды институтында бекітіліп, 1947 жылдың 31 қаңтарында электр станциясы, тарап және жүйе саласында инженер-электрик мамандығы бойынша диплом қорғады. ГОЭЛРО жоспары және оны дамытып жетілдіру бойынша бас маман болған, атақты энергетик, сол кезде Мемлекеттік емтихан комиссиясының төрағасы болған академик А. В. Винтер Фёдор Констиатинович Бойкоға үздік белгілі диплом беріп тұрып, оны Ғылым академиясы ғылыми-зерттеу институтында бейбіт мақсатта атом энергиясын қолдану жүйесінде жұмыс істеуге шақырды. Бірақ ол алған білімін туған жері, Ертістің Павлодар өңірін дамытуға пайдалану үшін еліне оралды. Алғашқы еңбек жолын Павлодар қаласындағы «Октябрь» зауытынан бастады. Бұл зауыт Солтүстік Кавказдан көшірілген болатын, бірақ электр энергиясының жоқтығынан пайдалануға жіберілмеген еді. Ал Полтаваның тоқу комбинатынан көшірілген электр станциясы жөндеуден өтпегендіктен, қала оның іске қосылуын күтуде болды.

Соғыс кезінде Сталинград майдан аймағында болған жанұясы Павлодар қаласына көшірілді. Сондықтан Ф. К. Бойко соғыстан кейін Павлодардағы отбасына оралды. Ол партия қатарына қабылданып, қаланың және облыстың партия комитетінен электр станциясының іске қосылуы жөнінде тапсырма алды және ол ойдағыдай жүзеге асырылды. Электр станциясының жұмыс істеуі, Павлодар қаласының гүлдеуіне себеп болды. Қала тұрғындарының үйлерін, кинотеатрлар мен мәдениет үйлерін, мектептер мен ауруханаларды, мемлекеттік мекемелерді, парктер мен көшелерді жарықпен қамтамасыз етуге мүмкіндік туды. Ұсақ өнеркәсіп мекемелері механизмдерін жіберуінің арқасында өнім шығаруы ұлғая түсті. «Октябрь», кеме жөндеу зауыттары, совхоз трестерін жөндеу-механикалық зауыты, сүт-консерві зауыты, хромзауыты, темір жол

депосы және басқа да кәсіпорындар электр жетегі мен электротехнологиялық технологияға көшірілді.

Ф. К. Бойко «Октябрь» зауытында бас энергетик және бас инженер, ал 1946 жылдың маусым айынан бастап «Казэлектро» құрылыс-монтаж кәсіпорнында бас инженер болып істеді. 1951 жылдың қаңтар айынан 1962 жылдың сәуір айы аралығында қалалық және облыстық партия комитетінің бөлім меңгерушісі қызметін атқарды. Ол қала мен облыстың электрлендірілуіне жағдай жасады. Павлодарда ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3 электр станция құрылыстары қарқынды түрде салынды. Екібастұз, Ақсу қалалары, жалпы облыс және оның сыртқы аймағы электр желісімен тартылды. Өнеркәсіп мекемелерін, ауылшаруашылық объектілерін, қала мен ауылдарды электр қуатымен қамтамасыз ететін Павлодар-Екібастұз энерго жүйесі пайда болды.

Облыстық электрлендірудің кең қанат жаюы – инженерлік жобалар мен ғылыми жұмыс мәселелері туралы шешімдерді қажет етті. Шетел мен бұрынғы Кеңес Одақ көлеміндегі сияқты электр жүктемесін анықтау әдістемесінің теориялық негізінің болмауы ерекше тегеурінге апарды. Жекелей салалар бойынша болатын әдіс-тәсілдер есептеулерді іске асыруда түрлі амалдарымен өзгешеленгендіктен өлшем мағынасының мөлшері де әр түрлі болды. Сондықтан трансформаторлық қосалқы станциялар және әртүрлі бөлімшелер үшін электротехникалық объектілердің электр тасымалдаушы желілері электр қуатының жоғарылауы жағынан да, төмендеуі жағынан сәйкес болмайтын жүктемелер алды. Ф. К. Бойко осы мәселелерді шешуде ерекше еңбек етті. Оның қатысуымен өлшемдік жүктемелің қалыптасуын ықтималдық теориясы және технологиялық үрдіс жағынан қарау жолдары жүзеге асырылды. Игерілген теория жаңалықтары «Электричество», «Өнеркәсіптік энергетика», «Ауылшаруашылықты механизациялау және электрлендіру» атты еңбектерінде және басқа да журнал беттерінде жарық көрді. Осыдан кейін ол электр жүктемесі бойынша Бүкілодақтық комиссия құрамына ену құрметіне ие болды. Бұл комиссия құрамында академик Б. В. Гнеденко (Москва мемлекеттік университетінің «Ықтималдық теориясы» кафедрасының меңгерушісі), техника ғылымдарының докторы, профессор А. А. Фёдоров (ЭПП МЭИ кафедра меңгерушісі), Г. М. Каялов (Новочеркасск политехникалық институтының ЭПП кафедра меңгерушісі), Ю. Л. Мукосеев (Горький политехникалық институтының кафедра меңгерушісі) т.б. болды.

Фёдор Константинович Бүкілодақтық комиссия құрамында бола жүріп, электр жүктемесі бойынша «Өнеркәсіп мекемелерінде электр жүктемесін есептеу бойынша уақытша жетекші көрсеткіштер» атты әдістеме даярлауға қатысты. Сол әдістеме бүгінгі күнге дейін пайдаға асуда.

Келесі маңызды құжат болып табылатын «Электрмен жабдықтану және электр жабдықтары бойынша анықтама» пайдаланушыларға, жобалаушыларға, студенттерге арналған. Бұл анықтама 1986-1987 жылдары екі том болып жарық көрді. Авторлар тобының біреуі Ф. К. Бойко болып табылады.

Техника ғылымдарының докторы, профессор Ф. Ф. Фёдоровтың «Өнеркәсіп мекемелерін электрмен жабдықтау негіздері» атты оқулығы «Энергия» баспасында Ф. К. Бойконың қатысуымен жазылып шығарылды.

Тораптық, жылулық, механикалық, химиялық және басқа да салаларда электр энергиясының қайта құрылу технологиясын қайтадан қарап, профессор Бойко мұнда да түпкілікті өзгерістер енгізді. Студенттермен электролиз бойынша лабораториялық сабақ өткізу кезінде бір оқиғаға тап болды. Экспериментті жүргізуде электролиз кезінде мыс ерітіндісіндегі металл шығыны әр түрлі нәтиже берді. Не себепті? Қалай? Түзілген токтың қисық формасын зерттеу қажет болды. Түрлі кеңістік қабырғасында әр түрлі және түзілу схемасы мен реттеу тәсіліне байланысты екені анықталды. Фурьенің қисық түзілісі гармониктің әр түрлі құрамын, оның амплитуда өлшемін, одан кейін металл шығысына әсері көрсетіледі. Бұл резонанстық үрдіс екені анықталып, зерттеу мен бекітудің басты күші болып табылды. Ұзақ зерттеудің арқасында жарықтық, жылулық, химиялық, механикалық салада электр энергиясының түзілуінде электр энергиясын үнемдеуге, экономиканы жақсартуға, шуды азайтуға, зиянды шығысты азайту үшін сақтандыру технологиясын жасауға болатыны көрсетілді.

1987 жылы техника ғылымдарының кандидаты, доцент Е. В. Птицынамен бірге «Резонанстық электротехнологиялық процесс» атты монография жазды. Онда энергия үнемдеу үрдістерінің жаңа теориясы берілген.

- «Мыстың электромагниттік рафинирлеу тәсілі»;
- «Жүйелі токтың кезіндегі металл қыздыру тәсілі»;
- «Жарықтың электр көздерінің тиімділігін көтеру тәсілі»;
- «Электр тогын күшейту тәсілдері»;
- «Электр айналмалы машиналарының тиімділігін арттыру тәсілі»;
- «ТСФ-алу үшін трансформаторлық құрылысы» атты патенттері берілген

«Резонанстық электротехнологиялық процесс» атты монография жазды.

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінде, Павлодар университеті мен Москва энергетикалық университетінде «Резонанстық электротехнологиялық процесс» атты пән болып оқу жоспарына енгізіледі және аталмыш монография оқу құралы есебі ретінде пайдаланылады. С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінде Е. К. Птицынамен бірге «Токтың күрделі формасын пайдалану негізінде ауыр түсті металдарды тазарту үшін электролиз құрылысының тиімділігін көтеру» атты кандидаттық диссертация жазылып, Москва энергетикалық университетінің ғылыми Кеңесінде қорғалды. Ф. К. Бойко «Электр тұтыным сипаты» теориясын әзірледі. Берілген нәтижеде электр қуаты мен электр қозғалтқыштардың асинхрондық, синхрондық механикалық сипатының өлшенуі, электр пеші, су жылытқыш, жарықтық қондырғы, электролизді вакуум қолданғаннан көруге мүмкіндік жасалды. Электр тұтынушылардың жұмыс кестесінің сипатын анықтау мүмкіндігі арқылы технологиялық процесті тиімді ету мен экономикалық көрсеткішті алуға жол ашылды.

Электр қуаты мен оны жабдықтауды пайдаланудың кестесінің мәнін анықтау әдістемесі даярланды. Әдістеме электр қуаты мен жабдықтаудың пайдалану

дәрежесі мен оның технологиялық процесіне жүйелі бақылауды орнату жағдайын жасады. Ал бұл берілген анықтама бойынша ертедегі мәселелерді қанағаттандыруға, жаңа негіздеме жасауға есептеу коэффициентінің мәнін қабылдауға мүмкіндік тудыруда.

Осылардың барлығы 1979 жылы Қазақ ССР «Ғылым» баспасында жарық көрген «Жабдықтарды пайдалануды нәтижелі көтеру және электр қуаты» атты монографияда жазылды. Бұл пән ТМД елдерінің көптеген институттарының оқу жоспарларына енгізілді.

Автордың монографиясы немесе монография материалдары сипатталған «Электрмен жабдыктану және электр жабдықтары бойынша анықтамасы» оқулық ретінде пайдаланылады.

1962 жылдың 24 сәуірінен 1964 жылдың 19 тамызына дейінгі аралықта Павлодар индустриалды институтының проректоры, 1976 жылдан 1984 жылға дейін ректор және электрмен қамтамасыз ету кафедрасының меңгерушісі қызметтерін атқара жүріп, жатаханаларды (5 ғимарат), факультеттердің оқу-лабораториялық корпусын, әскери кафедра, бас корпус, кітапхана, акт залын, асхана, санитарлық-сауықтандыру кешенін, тұрғын корпустарын (4 үй), Ертіс өзенінің жағасындағы демалыс үйлерін салуға баса назар аударып, басшылық жасады. Институт кешені оқу-лабораториялық құралдармен, приборлармен, жиһаздармен қамтамасыз етілді.

Оның жетекшілігімен Одақтың ЖОО-мен достық байланысты тұрақтандыру жөнінде үлкен жұмыс жасалынды. Индустриалды институт Москва Бауман училищесінің басқаруымен «ЖОО достастығының» мүшесі болды. Москва энергетикалық, тау-кен, инженер-құрылыс, станок-құрылыс, автомобиль, педагогикалық институттарымен, Ленинград энергетикалық, Минск, Свердловск, Ташкент, Душанбе политехникалық институттарымен, Ижевск индустриалды институтымен, Қазақстанның барлық жоғары оқу орындарымен тығыз байланыс жасалынды.

Ф. К. Бойко 200-ден астам ғылыми еңбектің, 10 монографияның, 3 жинақтың авторы, 14 өнертабысқа авторлық куәліктің иесі. Оның жетекшілігімен 4 докторлық және 23 кандидаттық диссертация қорғалды.

Ф. К. Бойконың ғылыми жаңалықтары Қазақстан мен Ресейдің жиырмадан астам металлургиялық кәсіпорындары мен химиялық өнеркәсіптерінде қолданылды. Электр энергиясын үнемдеу үшін жасалған құрылғы, атап айтқанда резонатор оның соңғы зерттемесі болды.

Ол тұлға ретінде, көрнекті ғалым және ғылыми жетекші ретінде қалыптасты. Ф. К. Бойко инженерден ҚР минералдық ресурстар академиясының академигіне дейін жарқын жол тапты.

Үкімет наградалары бар: Үш орден және он алты медальмен марапатталды, КСРО ХББК мүшесі, Қазақ ССР Жоғары Кеңес Президиумының грамотасымен, «Министрліктің ЖОО жұмысындағы озат табысы», «Қазақстан Республикасы білімінің құрметті қызметкері» атты белгілермен марапатталды.

Ф. К. Бойко 2007 жылы 23 қазанда өмірден озды.

Көрнекті павлодарлық өнертапқыштың құрметіне ол тұрған академик Бектұров көшесіндегі 75 үйге мемориалдық тақта орнатылды. С. Торайғыров атындағы ПМУ-дің электроэнергетика кафедрасының бір лабораториясына оның есімі берілді.

К 100-ЛЕТИЮ РЕКТОРА ФЁДОРА КОНСТАНТИНОВИЧА БОЙКО



В Toraighyrov University состоялась Международная конференция, посвященная 100-летию ректора Павлодарского индустриального института, доктора технических наук, академика Академии минеральных ресурсов РК, учёного-изобретателя Фёдора Константиновича Бойко.

Учёный, доктор технических наук, профессор Фёдор Константинович Бойко родился 20 февраля 1920 года в селе Рождественка Павлодарского района Павлодарской области Республики Казахстан.

В 1939 году окончил Ленинградский техникум соляной промышленности по специальности техник-электрик и направлен на работу в заводоуправление «Баскунчакский солепромысел» Астраханской области.

В августе 1941 года призван в армию, участвовал в Великой Отечественной войне в составе Закавказского фронта, демобилизован в июне 1946 года. В июле этого года закрепился во Всесоюзном заочном индустриальном институте. Диплом защитил 31 января 1947 года по специальности инженер-электрик по электростанциям, сетям и системам. Председателем Государственной экзаменационной комиссии был академик А. В. Винтер, знаменитый энергетик, один из разработчиков плана ГОЭЛРО и его осуществления, который вручил Фёдору Константиновичу диплом с отличием. Ф. К. Бойко было предложено работать в системе Академии наук в научно-исследовательском институте по использованию атомной энергии в мирных целях. Но он остановился на варианте внедрения полученных знаний в родных краях, чтобы способствовать развитию Павлодарского Прииртышья. Начал он с завода «Октябрь» в г. Павлодаре. Этот завод был эвакуирован с Северного Кавказа, но не был пущен в эксплуатацию из-за отсутствия электроэнергии. А эвакуированная из Полтавы с текстильного комбината электростанция не была смонтирована, город ожидал её пуска.

Во время войны семья, находившаяся в зоне Сталинградского фронта была эвакуирована в г. Павлодар, поэтому Ф. К. Бойко после демобилизации приехал к семье в г. Павлодар. Став на партийный учёт, он получил от горкома и обкома партии партийное поручение – пустить электростанцию, что он успешно выполнил. Заработавшая электростанция оживила жизнь города. Жители получили возможность освещать жилые дома электрическими лампочками, появилось освещение в кинотеатрах, домах культуры, школах, больницах, госучреждениях, в парках и на улицах. Мелкие промышленные предприятия запустили механизмы, отсюда увеличился выпуск продукции. Завод «Октябрь», судоремонтный завод, ремонтно-механический завод треста совхозов, молококонсервный завод, хромзавод, железнодорожное депо и другие предприятия перешли на электрический привод и электротехнологическую технологию.

Ф. К. Бойко работал на заводе «Октябрь» главным энергетиком и главным инженером, а с июня 1946 г. в строймонтажном предприятии «Казэлектро» – главным инженером. С января 1951 г. по апрель 1962 г. работал в горкоме, обкоме партии заведующим отделом. Он способствовал электрификации города и области. Бурно строились электростанции в Павлодаре: ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3, в Экибастузе, в Аксу, прокладывались электролинии по всей области и за её пределами. Появилась Павлодар-Экибастузская энергосистема, которая начала снабжать электроэнергией промышленные предприятия, сельхозобъекты, города и села.

Огромный размах электрификации области потребовал решения необычных инженерных проектов, была необходима научная проработка вопросов. Особый тормоз вызывало отсутствие теоретически обоснованной методики определения электрических нагрузок как в бывшем Союзе, так и за границей. Существовавшие методики по отдельным отраслям отличались различным подходом, методом осуществления расчётов, а отсюда, различными величинами значений. Всё это приводило к тому, что линии электропередач трансформаторные подстанции и другие электротехнические объекты для различных подразделений получали нагрузку не соответствующую фактическим как в сторону завышения, так и занижения. Ф. К. Бойко включился в решение этих проблем. Им был осуществлён подход рассмотрения формирования суммарных нагрузок с точки зрения теории вероятности и технологического процесса. Разработанная теория получила огласку в печати, таких журналах, как «Электричество», «Промышленная энергетика», «Механизация и электрификация сельского хозяйства» и других. Это послужило тому, что он был включён в состав Всесоюзной комиссии по электрическим нагрузкам. В составе этой комиссии были академик Б. В. Гнеденко (зав. кафедрой «Теория вероятности» МГУ), доктор технических наук, профессор А. А. Фёдоров (зав. кафедрой ЭПП МЭИ), доктора технических наук, профессора Г. М. Каялов (зав. кафедрой ЭПП Новочеркасского политехнического института), Ю. Л. Мукосеев (зав. кафедрой Горьковского политехнического института) и другие.

В составе Всесоюзной комиссии по электрическим нагрузкам Фёдор Константинович участвовал в разработке «Временных руководящих указаний по расчёту электрических нагрузок промышленных предприятий», которые являются по настоящее время действующими.

Следующим важнейшим документом для эксплуатационников, проектировщиков, студентов является «Справочник по электроснабжению и электрооборудованию». Этот справочник в двух томах издан в 1986-1987 гг. Одним из авторов является Ф. К. Бойко.

Учебник «Основы электроснабжения промышленных предприятий» доктора технических наук, профессора Ф. Ф. Фёдорова написан и выпущен в издательстве «Энергия» при участии Ф. К. Бойко.

Технология преобразования электроэнергии в световую, тепловую, механическую, химическую и другие остаётся такой же как изобрели изначально. Профессор Ф. К. Бойко и здесь нашёл пути коренного изменения. Проводя со

студентами лабораторные занятия по электролизу, он наткнулся на такой казался бы казус, при выполнении эксперимента по определению выхода металла при электролизе на медных растворах на разных стендах результат оказывался разным. В чём же дело? Пришлось исследовать форму кривой выпрямленного тока. Выяснилось, что для разных стендов она оказалась разной и это зависит от схемы выпрямления и способа регулировки. Разложение кривых в ряд Фурье дал разный состав гармоник, их величину амплитуды, а далее и влияние на выход металла. Это явилось толчком заняться исследованиями и установить, что причиной всему являются резонансные процессы. Длительные исследования позволили установить, что при преобразовании электрической энергии в световую, тепловую, химическую, механическую и другие можно создавать сберегающие технологии, которые позволяют экономить электроэнергию, повышать выход веществ, производительность, экономить исходные материалы, улучшать экологию, снижать шумы, выбросы вредных веществ.

В 1997 г. совместно с кандидатом технических наук, доцентом Е. В. Птицыной издана монография «Резонансные электротехнологические процессы», где дана теория новых энергосберегающих процессов, а также в патентах:

- «Способ электролитического рафинирования меди»;
- «Способ нагрева металла плазменной дугой постоянного тока»;
- «Способ повышения эффективности электрических источников света»;
- «Способ усиления электрического тока»;
- «Способ повышения эффективности электрических вращающихся машин»;
- «Трансформаторное устройство для получения ТСФ», где даны способы осуществления энергосберегающих процессов.

В Павлодарском государственном университете имени С. Торайгырова, Павлодарском Университете, Московском энергетическом университете включены в учебные планы дисциплина «Резонансные электротехнологические процессы» и в качестве учебного пособия используется указанная монография и журнальные статьи по этой теме. В Павлодарском государственном университете имени С. Торайгырова Е. В. Птицыной подготовлена кандидатская диссертация «Повышение эффективности электролизных установок для очистки тяжёлых цветных металлов на основе использования токов сложной формы» и защищена в учёном Совете Московского энергетического университета.

Ф. К. Бойко разработал теорию «Характеристики электропотребления». Установленные зависимости позволяют видеть как потребляется электроэнергия, измеряются механические характеристики асинхронных, синхронных электродвигателей, электрических печей, водоподогревателей, осветительных установок, электролизных ванн. Возможность определять характеристики режимов работы электропотребителей позволяет оптимизировать технологический процесс и добиваться экономических показателей.

Им разработана методика определения фактических значений режимов использования оборудования и электроэнергии. Методика позволяет установить систематический контроль за технологическим процессом и степенью

использования оборудования и электроэнергии. А это даст возможность принимать значения расчётных коэффициентов по данным справочников давней давности и сомнительных по точности.

Всё это изложено в монографии «Повышение эффективности использования оборудования и электроэнергии» изданной издательством «Наука» Казахской ССР в 1979 г. Эта дисциплина введена в учебный план во многих институтах СНГ, в качестве учебников используется монография автора или «Справочник по электроснабжению и электрооборудованию», где изложен материал монографии.

Работая проректором Павлодарского индустриального института с 24 апреля 1962 г. по 19 августа 1964 г., ректором с 1976 г. по 1984 г., уделял большое внимание строительству общежитий (5 корпусов), учебно-лабораторных корпусов факультетов: машино-строительного, энергетического, инженерно-строительного, военной кафедры, главного корпуса, библиотеки, актового зала, столовой, санатория-профилактория, жилых корпусов (4 здания), дома отдыха на берегу реки Иртыш. При нём все комплексы института были оснащены учебно-лабораторным оборудованием, приборами, мебелью.

Под его руководством большая работа проделана по установлению дружеских связей с вузами Союза. Индустриальный институт стал членом «вузов содружества» во главе с Московским Баумановским училищем. Тесные связи были установлены с институтами Москвы – энергетическим, горным, инженерно-строительным, станкостроительным, автомобильным, педагогическим, Ленинградским энергетическим, Минским, Свердловским, Ташкентским, Душанбинским политехническими институтами, Ижевским индустриальным институтом, со всеми вузами Казахстана.

Ф. К. Бойко является автором более 200 научных работ, 10 монографий, 14 авторских свидетельств на изобретения, 3 сборников, под его руководством подготовили и защитили 4 докторских и 23 кандидатских диссертаций.

Результаты научных открытий Ф. К. Бойко внедрены более чем на двадцати предприятиях металлургии, химической промышленности Казахстана и России. Последней разработкой его был так называемый резонатор, устройство для экономии электроэнергии.

Он состоялся как личность, крупный учёный и руководитель. Ф. К. Бойко прошёл блестящий путь от инженера до академика Академии минеральных ресурсов РК.

Награждён Правительственными наградами: тремя орденами и шестнадцатью медалями, участник ВДНХ СССР, награждён грамотой Президиума Верховного Совета Казахской ССР, знаком «За отличные успехи в работе Минвуза», «Почётный работник образования Республики Казахстан».

Ф. К. Бойко скончался 23 октября 2007 года.

В честь выдающегося павлодарского изобретателя установили мемориальную доску на доме по улице академика Бектурова, 75, в котором он жил. Одна из лабораторий кафедры электроэнергетики ПГУ имени С. Торайгырова названа его именем.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА», «КРАЕВЕДЕНИЕ»)

Редакционная коллегия просит авторов руководствоваться следующими правилами при подготовке статей для опубликования в журнале.

Научные статьи, представляемые в редакцию журнала должны быть оформлены согласно базовым издательским стандартам по оформлению статей в соответствии с ГОСТ 7.5-98 «Журналы, сборники, информационные издания. Издательское оформление публикуемых материалов», пристатейных библиографических списков в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления».

***В номер допускается не более одной рукописи от одного автора или в соавторстве.**

***Количество соавторов не более 6.**

***Степень оригинальности статьи должна составлять не менее 60 %.**

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

– В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в

1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

– Общий объем статьи, включая аннотации, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **12 страниц печатного текста**. Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman

(для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).

Статья должна содержать:

1 **ГРНТИ** (Государственный рубрикатор научной технической информации);

2 **Инициалы и фамилия** (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках (прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см

по левому краю, см. образец);

3 **Ученую степень, ученое звание;**

4 **Аффилиация** (факультет или иное структурное подразделение, организация (место работы (учебы)), город, почтовый индекс, страна) – на казахском, русском и английском языках;

5 **E-mail;**

6 **Название статьи** должно отражать содержание статьи, тематику и результаты проведенного научного исследования. В название статьи необходимо вложить информативность, привлекательность и уникальность (не более 12 слов, заглавными прописными буквами, жирным шрифтом, абзац 1 см по левому краю, на трех языках: русский, казахский, английский, см. образец);

7 **Аннотация** – краткая характеристика назначения, содержания, вида, формы и других особенностей статьи. Должна отражать основные и ценные, по мнению автора, этапы, объекты, их признаки и выводы проведенного исследования. Дается на казахском, русском и английском языках (рекомендуемый объем аннотации – не менее 100 слов, курсив, нежирным шрифтом 12 кегль, абзацный отступ слева и справа 1 см, см. образец);

8 **Ключевые слова** – набор слов, отражающих содержание текста в терминах объекта, научной отрасли и методов исследования (оформляются на языке публикуемого материала: кегль – 12 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см.). Рекомендуемое количество ключевых слов – 5-8, количество слов внутри ключевой фразы – не более 3. Задаются в порядке их значимости, т.е. самое важное ключевое слово статьи должно быть первым в списке (см. образец);

9 **Основной текст статьи** излагается в определенной последовательности его частей, включает в себя:

- слово ВВЕДЕНИЕ / КІРІСПЕ / INTRODUCTION (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре см. образец).

Необходимо отразить результаты предшествующих работ ученых, что им удалось, что требует дальнейшего изучения, какие есть альтернативы (если нет предшествующих работ – указать приоритеты или смежные исследования). Освещение библиографии позволит отгородиться от признаков заимствования и присвоения чужих трудов. Любое научное изыскание опирается на предыдущие (смежные) открытия ученых, поэтому обязательно ссылаться на источники, из которых берется информация. Также можно описать методы исследования, процедуры, оборудование, параметры измерения, и т.д. (не более 1 страницы).

- слова **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ / НЕГІЗГІ БӨЛІМ / MAIN PART** (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Это отражение процесса исследования или последовательность рассуждений, в результате которых получены теоретические выводы. В научно-практической статье описываются стадии и этапы экспериментов или опытов, промежуточные результаты и обоснование общего вывода в виде математического, физического или статистического объяснения. При необходимости можно изложить данные об опытах с отрицательным результатом. Затраченные усилия исключают проведение аналогичных испытаний в дальнейшем и сокращают путь для следующих ученых. Следует описать все виды и количество отрицательных результатов, условия их получения и методы его устранения при необходимости. Проводимые исследования предоставляются в наглядной форме, не только экспериментальные, но и теоретические. Это могут быть таблицы, схемы, графические модели, графики, диаграммы и т.п. Формулы, уравнения, рисунки, фотографии и таблицы должны иметь подписи или заголовки (не более 10 страниц).

- слово **ВЫВОДЫ / ҚОРЫТЫНДЫ / CONCLUSION** (нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Собираются тезисы основных достижений проведенного исследования. Они могут быть представлены как в письменной форме, так и в виде таблиц, графиков, чисел и статистических показателей, характеризующих основные выявленные закономерности. Выводы должны быть представлены без интерпретации авторами, что дает другим ученым возможность оценить качество самих данных и позволит дать свою интерпретацию результатов (не более 1 страницы).

10 Список использованных источников включает в себя:

слово **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ / REFERENCES** (Нежирными заглавными буквами, шрифт 14 кегль, в центре).

Очередность источников определяется следующим образом: сначала последовательные ссылки, т.е. источники на которые вы ссылаетесь по очередности в самой статье. Затем дополнительные источники, на которых нет ссылок, т.е. источники, которые не имели место в статье, но рекомендованы вами для кругозора читателям, как смежные работы, проводимые параллельно. Рекомендуемый объем не более чем из 20 наименований (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

11 Иллюстрации, перечень рисунков и подрисуночные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

12 Математические формулы должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

На отдельной странице (после статьи)

В бумажном и электронном вариантах приводятся полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

Информация для авторов

Все статьи должны сопровождаться двумя рецензиями доктора или кандидата наук для **всех авторов**. Для статей, публикуемых в журнале

«Вестник ПГУ» Химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи.

При необходимости статья возвращается автору на доработку. За содержание статьи несет ответственность Автор.

Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

Датой поступления статьи считается дата получения редакцией ее окончательного варианта.

Статьи публикуются по мере поступления.

Периодичность издания журналов – четыре раза в год (ежеквартально).

Статью (бумажная, электронная версии, оригиналы рецензий и квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64,

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Toraighyrov University», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147).

E-mail: nitk@psu.kz

www.vestnik.psu.kz

Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге.**

Наши реквизиты:

РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654	РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654
АО «Цеснабанк» ИИК KZ57998FTB0000003310 БИК TSESKZKA КБЕ 16 Код 16 КНП 861	АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZZKX КБЕ 16 Код 16 КНП 861

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

ГРНТИ 73.01.77; 73.39.31; 50.05.09

Рындин Владимир Витальевич

к.т.н, профессор, кафедра «Механика и нефтегазовое дело», Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г. Павлодар, Республика Казахстан, 140008, rvladvit@yandex.kz.

Сиюнич Руслан Нуртаевич

оператор по учёту сырья и готовой продукции, ТОО «УПНК-ПВ», г. Павлодар, Республика Казахстан, 140000, 2upnk1@mail.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЁТ МАГИСТРАЛЬНОГО НЕФТЕПРОВОДА В СИСТЕМЕ MATHCAD

Приведена программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, позволяющая автоматически строить QH-характеристики трубопроводов и перекачивающих станций, определять положение станций и рабочую точку системы, проводить исследование режимов ...

Продолжение аннотации

Ключевые слова: нефтепровод, расчёт, система Mathcad, профиль трассы, расстановка станций, рабочая точка системы.

ВВЕДЕНИЕ

При решении многих математических задач широко используется программирование в средах ...

Продолжение текста

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Mathcad – интегрированная математическая система, позволяющая наглядно вводить исходные данные, проводить математическое описание решения задачи в традиционном виде и получать результаты вычислений, как в аналитическом, так и в численном виде. Ниже приводится программа ...

Продолжение текста публикуемого материала

ВЫВОДЫ

Разработана программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, записываемая в традиционных математических символах, что ...

Продолжение текста

Пример оформления таблиц и рисунков:

Таблица 1 – Химический состав исходной хромовой руды, масс. %

Cr ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	CaO
40	21	16	5	16	2

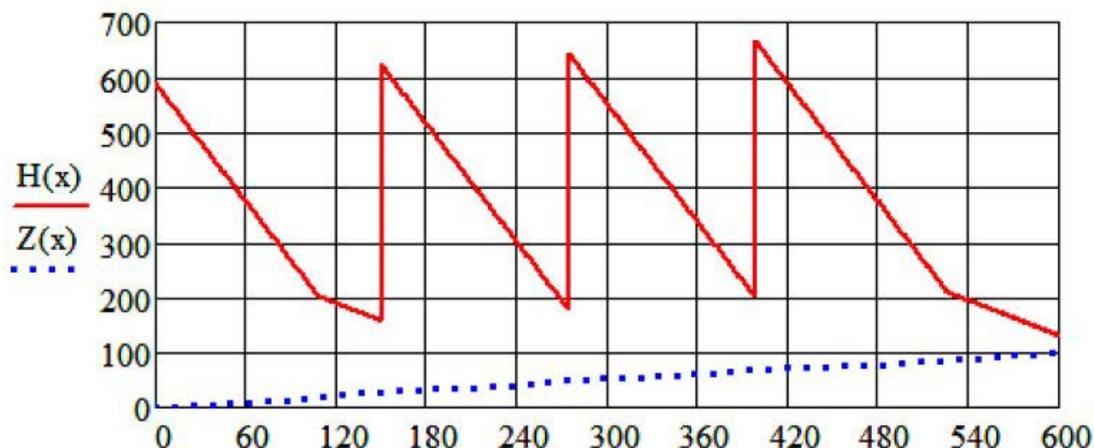


Рисунок 1 – Расстановка четырёх НПС на МН с двумя лупингами

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Макаров, Е. Г.** Инженерные расчёты в Mathcad 15. – СПб. : Питер, 2011. – 400 с. : ил.

2 **Макушев, Ю. П.** Интегральное и дифференциальное исчисления в приложении к технике : монография / Ю. П. Макушев, Т. А. Полякова, В. В. Рындин, Т. Т. Токтаганов. – Павлодар : Кереку, 2013. – 330 с. : ил.

3 Транспорт и хранение нефти и газа в примерах и задачах : учеб, пособие / Под общей редакцией Ю. Д. Земенкова. – СПб. : Недра, 2004. – 544 с. : ил.

4 **Долгов, И. А.** Тенденции развития конструкции моторно-трансмиссионных установок и сельскохозяйственных тракторов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2006. – № 6. – С. 3-8.

5 **Ким, К. К., Шпилев, М. А.** Комплекс для выгрузки угля из полувагонов. / Статьи: информационный портал [Электронный ресурс]. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22706030>.

6 **Бекенов, Т. Н.** Основы расчета опорно-сцепных параметров самоходных колесных машин при обеспечении их проходимости: дисс. докт. техн. наук. – Алматы, 1998. – 308 с.

Рындин Владимир Витальевич

т.ғ.к, профессор, «Механика және мұнайгаз ісі» кафедрасы, С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы 140008, rvtadvit@yandex.kz.

Сиюнич Руслан Нуртаевич

дайын өнім мен шикізатты есептеу операторы, «УПНК-ПВ» ЖШС, Павлодар қ., Қазақстан Республикасы, 140000, 2upnk1@mail.ru.

Mathcad жүйесінде магистральдық мұнай құбырын зерттеу және есептеу

Mathcad жүйесінде магистральдық мұнай құбыры бағдарламасының есептеуі келтіріліп, құбырлар мен қайта айдау станцияларының QH-сипаттамаларын автоматты түрде құруды, станцияның ережесі мен жұмыс нүктесін анықтауға, мұнай құбыры жұмысының режимдерін зерттеуге ...

Түйіндеменің жалғасы

Кілтті сөздер: мұнай құбыры, есеп, Mathcad жүйесі, трассаның профілі, станциялардың орналасуы, жүйенің жұмыс нүктесі.

Ryndin Vladimir Vladimirovich

Cand.Sci.(Eng.), professor, Department of «Mechanics and Oil and Gas Business», S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar, Republic of Kazakhstan, 140008, rvladvit@yandex.kz.

Siunits Ruslan Nurtaevich

operator of accounting of raw materials and finished products, LLP «UPNK-PV», Pavlodar, Republic of Kazakhstan, 140000, 2upnk1@mail.ru.

Research and calculation of the main oil pipeline in Mathcad

Presents a program for calculating the main pipeline in the system Mathcad, allowing you to automatically build a QH-characteristics of the pipelines and pumping stations to determine the position of stations and the operating point of the system, conduct a study of the modes ...

Continue annotation

Keywords: the pipeline, calculation, the system Mathcad, road alignments, alignment stations, the operating point of the system.

**ПУБЛИКАЦИОННАЯ ЭТИКА
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАГЫРОВА
(«ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
«КРАЕВЕДЕНИЕ»)**

Редакционная коллегия журналов «Вестник ПГУ», «Наука и техника Казахстана» в своей работе придерживается международных стандартов по этике научных публикаций и учитывает информационные сайты авторитетных международных журналов.

Редакционная коллегия журнала, а также лица, участвующие в издательском процессе в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (использование недостоверных сведений, изготовление данных, плагиат и др.), обеспечения общественного признания научных достижений обязаны соблюдать этические нормы и стандарты, принятые международным сообществом и предпринимать все разумные меры для предотвращения таких нарушений.

Редакционная коллегия ни в коем случае не поощряет неправомерное поведение (плагиат, манипуляция, фальсификация) и приложить все силы для предотвращения наступления подобных случаев. В случае, если редакционной коллегии станет известно о любых неправомерных действиях в отношении опубликованной статьи в журнале или в случае отрицательного результата экспертизы редколлегии статья отклоняется от публикации.

Теруге 02.03.20. ж. жіберілді. Басуға 16.03.20. ж. қол қойылды.
Форматы 297*420/2. Кітап-журнал қағазы.
Шартты баспа табағы 7,9 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген Д. А. Жумабекова
Корректорлар: А. Р. Омарова, Д. А. Жумабекова

Тапсырыс № 3583

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
e-mail: kereku@psu.kz
www.vestnik.psu.kz