



**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**НАУКА И ТЕХНИКА  
В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

**Часть II**

Новосибирск, 2012 г.

УДК 62  
ББК 30  
Н 34

**Н 34 «Наука и техника в современном мире»:** материалы международной заочной научно-практической конференции. Часть II. (21 февраля 2012 г.); [под ред. Я.А. Полонского]. Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. — 106 с.

ISBN 978-5-4379-0048-2

Сборник трудов международной заочной научно-практической конференции «Наука и техника в современном мире» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных технических наук.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям в области прикладной науки и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития технических наук.

ББК 30

ISBN 978-5-4379-0048-2

Рецензенты:

- кандидат физико-математических наук, Зеленская Татьяна Евгеньевна, Югорский государственный университет (г. Ханты-Мансийск)
- кандидат технических наук, Полонский Яков Аркадьевич, эксперт высшей квалификации Единой Системы Оценки Соответствия (г. Волгоград)

## **Оглавление**

<b>Секция 5. Энергетика</b>	<b>6</b>
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ НИЗКОСКОРОСТНОГО ТОРЦЕВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА Архипцев Максим Геннадьевич Встовский Алексей Львович Федий Константин Сергеевич	6
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОПЛИВА НА РЕЖИМЫ ГОРЕНИЯ Аскарова Алия Сандыбаевна Болегенова Салтанат Алихановна Бекмухамет Айдын Максимов Валерий Юрьевич Оспанова Шынар Сабитовна Турсынбаева Айнур Ерлановна	17
РАСЧЁТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА СИСТЕМЫ «ТЕПЛОЙ НАСОС — ВЕТРОГЕНЕРАТОР — ФОТОЭЛЕМЕНТЫ» Грачёв Иван Николаевич	24
ВЫСОКОТОЧНАЯ АВТОНОМНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РАБОТОСПОСОБНОСТИ Меденков Александр Анатольевич Петрова Валентина Александровна Петров Валерий Иванович Патанин Андрей Владимирович Меденков Алексей Анатольевич	29
ПРОГРАММА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ ПУНКТАМИ Шелест Владимир Александрович	37

<b>Секция 6. Metallургия и материаловедение</b>	<b>41</b>
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ИОННО ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ИСПОЛЪЗУЕМЫХ В СТОМАТОЛОГИИ Крайнов Андрей Сергеевич Лавро Виктор Николаевич	41
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА ПО ТОЛЩИНЕ РАСКАТА НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ, РАЗВИТИЕ И ДВИЖЕНИЕ ТРЕЩИН ПРИ ПРОКАТКЕ ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ Салганик Виктор Матвеевич Пустовойтов Денис Олегович Артамонова Марина Олеговна	46
<b>Секция 7. Химическая технология</b>	<b>53</b>
ТЕРМИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ — ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ Ахмадова Хава Хамидовна Сыркин Алик Михайлович Идрисова Элиза Усамовна	53
МОДИФИКАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ СОЗДАНИЕ СОРБЕНТОВ С ВЫСОКОЙ УДЕЛЬНОЙ НЕФТЕЕМКОСТЬЮ Панкеев Виталий Васильевич Панова Лидия Григорьевна Свешникова Елена Станиславовна	59
<b>Секция 8. Технология продовольственных продуктов</b>	<b>64</b>
НОВЫЙ ВИД МЯСНОГО ХЛЕБА Прокопец Жанна Георгиевна Журавлева Светлана Валерьевна	64
ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМО-ВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ВАКУУМНОЙ УПАКОВКОЙ В ПОЛИМЕРНУЮ ПЛЕНКУ НА ФОРМЫ СВЯЗИ ВЛАГИ В КОРНЕПЛОДАХ МОРКОВИ, СВЕКЛЫ И ЛУКА Родионова Наталья Сергеевна Попов Евгений Сергеевич Де-Соуза Леонард	68

<b>Секция 9. Процессы и машины агроинженерных систем</b>	<b>73</b>
СТРУКТУРНОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВАЛЬЦОВО МАТРИЧНЫХ ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРОВ С КОЛЬЦЕВОЙ МАТРИЦЕЙ Кириленко Александр Сергеевич Ковриков Иван Тимофеевич	73
<b>Секция 10. Строительство и архитектура</b>	<b>79</b>
ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА №1 Горяйнова Татьяна Александровна	79
ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЖИДКОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ТЕПЛОИЗОЛЯТОРА «КОРУНД» НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ СТЕНДЕ ТРУБОПРОВОДОВ. Жуков Артем Николаевич	83
ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ШПУНТОВЫХ СТЕНОК В СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД Пахоменкова Татьяна Юрьевна	87
ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ Соколова Ольга Владимировна Чечель Марина Владимировна	92
ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ КРУПНООБЛОМОЧНОГО ГРУНТА С ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ Соколова Ольга Владимировна Чечель Марина Владимировна	96
СТРУКТУРА ГОРОДСКОГО ЛАНДШАФТА Черныш Наталья Алексеевна	100

## СЕКЦИЯ 5. ЭНЕРГЕТИКА

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДУКТИВНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ НИЗКОСКОРОСТНОГО ТОРЦЕВОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

*Архипцев Максим Геннадьевич*  
ассистент ПИ СФУ, г. Красноярск  
E-mail: [maximus\\_09@mail.ru](mailto:maximus_09@mail.ru)

*Встовский Алексей Львович*  
канд. техн. наук, профессор ПИ СФУ, г. Красноярск  
E-mail: [val\\_1942@mail.ru](mailto:val_1942@mail.ru)

*Федий Константин Сергеевич*  
канд. техн. наук, доцент ПИ СФУ, г. Красноярск  
E-mail: [Fediy\\_k@mail.ru](mailto:Fediy_k@mail.ru)

В схеме любой гидро- и ветроэнергостановки весьма важным компонентом является генератор. Основными требованиями, предъявляемыми к генератору, являются: управляемость, возможность его эксплуатации на открытом воздухе и в воде в течение длительного времени с высокой степенью надежности.

Низкоскоростные торцевые синхронные генераторы (НТСГ) с возбуждением от постоянных магнитов обеспечивают наилучшие массогабаритные и энергетические показатели при малом осевом размере. Особенно это заметно при увеличении числа пар полюсов до 10 и более. В этом случае оказывается возможным снижение массы электрической машины в 2 и более раз. Малый осевой габарит генератора с возбуждением от постоянных магнитов дает возможность обеспечить конструктивную совместимость их с рядом механизмов, компактность, удобство эксплуатации и сборки, с возможностью получения требуемых характеристик (напряжение 220/380 В, ток до 15 А) при низких частотах вращения (от 80 до 600 об/мин).

Конструкция низкоскоростного торцевого генератора вызывает необходимость размещения в его объеме постоянных магнитов многополюсного ротора, обмоточных структур статора при

ограничении радиального габарита машины, обеспечении качества выходного напряжения, формировании достаточно жесткой внешней характеристики [3]. В тоже время, торцевая конструкция не позволяет воспользоваться известными расчетными моделями и методиками расчета цилиндрической электрической машины, что требует создания расчетной модели, учитывающей специфику структуры и конфигурации активной зоны машины и особенности ее геометрии.

Математическая модель, основанная на классических схемных решениях, не позволяет эффективно провести оптимизацию параметров, с целью уменьшения массы и габаритов генератора и повышения его энергетических показателей. Поэтому разработка математической модели торцевого генератора велась с применением основных уравнений классической электродинамики, описывающих распределение электромагнитного поля в активном объеме машины с учетом нелинейности характеристик ферромагнитных материалов. Разработанное математическое описание синхронной машины позволяет рассчитывать токи, напряжения, электромагнитный момент в установившихся режимах [1, с. 129].

В синхронных машинах, применяемых в автономных источниках электроснабжения, постоянно возникают разнообразные переходные процессы: при резких изменениях режима работы (наброс или сброс нагрузки), внезапных коротких замыканиях. Переходные процессы, возникающие в синхронной машине, могут оказать большое влияние на качество электроснабжения потребителя.

Разработка математической модели переходных процессов в синхронном генераторе необходима для определения токов короткого замыкания, оценки влияния этих процессов на работу системы автоматического управления, выбор ее схемного решения.

Одной из основных задач исследования переходных процессов является определение параметров, определяющих величины напряжений и токов в обмотках генераторов. Такими параметрами, прежде всего, являются индуктивные сопротивления обмоток генератора. Активными сопротивлениями в синхронных машинах большой и сверхбольшой мощности пренебрегают вследствие их малости, и лишь в машинах сравнительно малой мощности (до 50 — 100 кВт) их учитывают, поскольку их величина соизмерима с индуктивными сопротивлениями.

В настоящей работе для моделирования переходных процессов торцевого низкоскоростного синхронного генератора применены общепринятые подходы исследования переходных процессов в синхронных генераторах цилиндрической конструкции с электромагнитным возбуждением, с учетом особенностей магнитоэлектрического возбуждения исследуемого генератора [4, с. 25] и распределения магнитных потоков в торцевой конструкции.

В рассматриваемой модели генератора, постоянный магнит полюса заменен эквивалентной одновитковой обмоткой, включенной на источник тока  $I'_A = const$ , равным МДС фиктивной коэрцитивной силы  $F_{i0} = I'_{A0} \cdot l_1$ . Полюсные наконечники представляют стержнями демпферной обмотки, также подключенными к источнику тока. Такая замена позволяет представить уравнения равновесия напряжений синхронного генератора с постоянными магнитами по аналогии с уравнениями обычной синхронной машины.

Обмотки статора и ротора имеют в общем случае разные число фаз и число витков, различное распространение в пространстве, поэтому необходимо произвести приведение роторной обмотки к статорной, через коэффициенты приведения. Основным условием приведения является постоянство полной мощности в реальных и приведенных обмотках.

Для каждой из обмоток машины можно записать уравнения второго закона Кирхгофа [4, с. 28]:

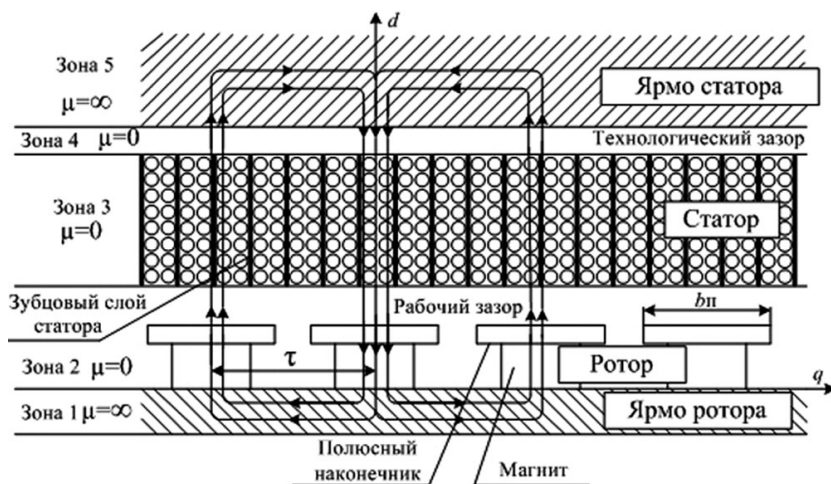
$$\left. \begin{aligned} -u_d &= d\psi_d/dt - \omega\psi_q + r_a i_d \\ -u_q &= d\psi_q/dt + \omega\psi_d + r_a i_q \\ u_{fd} &= d\psi_{fd}/dt + r_{fd} i_{fd} \\ u_{fq} &= d\psi_{fq}/dt + r_{fq} i_{fq} \\ 0 &= d\psi_{1d}/dt + r_{1d} i_{1d} \\ 0 &= d\psi_{1q}/dt + r_{1q} i_{1q} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

С учетом явноплюсности, входящие в (1) потокосцепления связаны друг с другом соотношениями:

$$\left. \begin{aligned} \psi_d &= x_d i_d + x_{ad} (i_{fd} + i_{1d}) \\ \psi_q &= x_q i_q + x_{aq} (i_{fq} + i_{1q}) \\ \psi_{fd} &= x_{fd} i_{fd} + x_{ad} (i_d + i_{1d}) \\ \psi_{fq} &= x_{fq} i_{fq} + x_{aq} (i_q + i_{1q}) \\ \psi_{1d} &= x_{1d} i_{1d} + x_{ad} (i_d + i_{fd}) \\ \psi_{1q} &= x_{1q} i_{1q} + x_{aq} (i_q + i_{fq}) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

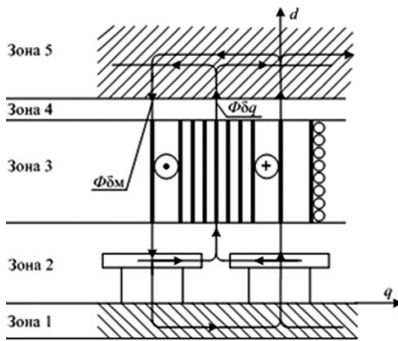


Дифференциальные уравнения (1), (2), устанавливают связь между напряжениями, токами и потокоцеплением машины. В них в качестве коэффициентов входят активные сопротивления обмоток якоря, возбуждения и демпферной, индуктивности само- и взаимной индукции обмоток. Эти электрические параметры необходимы и для определения точки отхода прямой возврата и ЭДС холостого хода и зависят от формы магнитного поля в рабочем зазоре и, следовательно, от конструкции ротора. На рисунках 1—4 представлена расчетная модель явнополюсного низкоскоростного торцевого синхронного генератора с постоянными магнитами, с помощью которой можно составить схемы замещения магнитной цепи [2, с. 178], и определить магнитные проводимости для составляющих магнитного потока машины и далее все выше перечисленные электрические параметры.

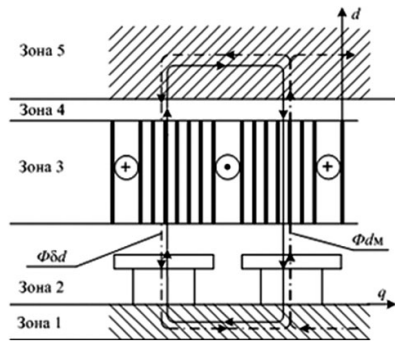


**Рисунок 1. Расчетная модель явнополюсного генератора**

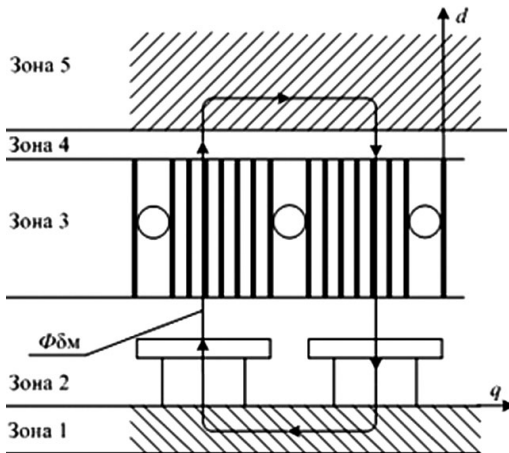
Распределение МДС и магнитных потоков при различных положениях ротора, характеризующее распределение полей ротора и статора, представлено на рисунках 2, 3, 4



*Рисунок 2. Распределение магнитного поля поперечной реакции якоря*

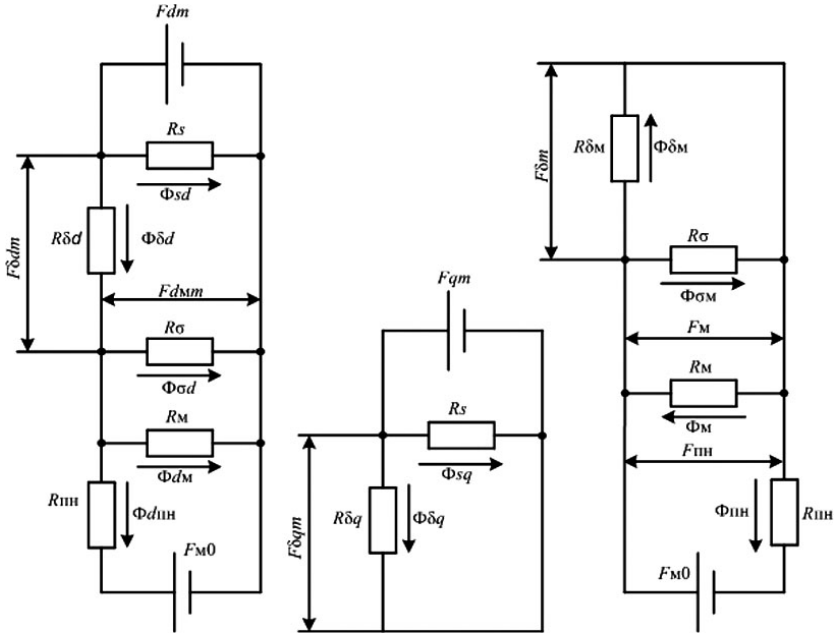


*Рисунок 3. Распределение магнитного поля продольной реакции якоря*



*Рисунок 4. Распределение магнитного поля постоянного магнита*

На основании представленных расчетных моделей составлены схемы замещения магнитных цепей для различных положений ротора, показанные на рисунке 5.



**Рисунок 5. Схемы замещения магнитных цепей.**

Сопротивление воздушного зазора  $R_{\delta d}$  для потока  $\Phi_{\delta d}$  будет равно:

$$R_{\delta d} = \frac{F_{\delta dm}}{\Phi_{\delta d}} = \frac{\pi \cdot \delta \cdot k_{\delta}}{2 \cdot \mu_0 \cdot \tau \cdot l_{\delta} \cdot k_{\delta d} \cdot k_d} = \frac{1}{A_{\delta d}}. \quad (3)$$

Аналогично находят сопротивление  $R_{\delta q}$  для потока  $\Phi_{\delta q}$ :

$$R_{\delta q} = \frac{F_{\delta qm}}{\Phi_{\delta q}} = \frac{\pi \cdot \delta \cdot k_{\delta}}{2 \cdot \mu_0 \cdot \tau \cdot l_{\delta} \cdot k_{\delta q} \cdot k_q} = \frac{1}{A_{\delta q}}. \quad (4)$$

Сопротивление рабочего зазора  $R_{\delta m}$  для потока  $\Phi_{\delta m}$  будет равно:

$$R_{\delta m} = \frac{F_{\delta m}}{\Phi_{\delta m}} = \frac{\pi \cdot \delta \cdot k_{\delta}}{2 \cdot \mu_0 \cdot \tau \cdot l_{\delta} \cdot k_{\delta m} \cdot k_m} = \frac{1}{A_{\delta m}}. \quad (5)$$

Сопротивление полюса магнита по продольной оси:

$$R_M = \frac{1}{\Lambda_M} = \frac{h_M}{\mu_\epsilon \cdot b_M \cdot l_M} = \frac{1}{A_M} \quad (6)$$

Сопротивление рассеяния якоря:

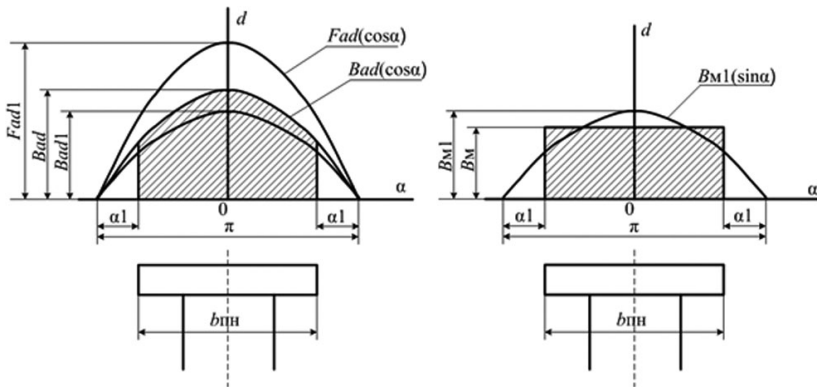
$$R_s = \frac{1}{\Lambda_s} = \frac{p \cdot q}{2 \cdot \mu_0 \cdot \lambda_s \cdot l_\delta} = \frac{1}{A_s} \quad (7)$$

Сопротивление рассеяния ротора на один полюс:

$$R_\sigma = \frac{1}{\Lambda_\sigma} \quad (8)$$

Коэффициенты формы поля, входящие в формулы магнитных сопротивлений, определяются разложением в гармонический ряд индукций соответствующих полей. Так как в синхронных машинах с постоянными магнитами воздушный зазор равномерен и невелик, а длина полюсной дуги значительна, то можно принять, что поле в рабочем зазоре в пределах полюсной дуги для ротора распределено по прямоугольному закону, для статора — по синусоидальному закону, а в промежутках между полюсами равно нулю.

На рисунках 6 показаны магнитные поля реакции якоря по продольной оси и обмотки возбуждения явнополюсной синхронной машины.



**Рисунок 6. Распределение магнитных полей реакции якоря по продольной оси и постоянных магнитов явнополюсной синхронной машины.**

Для определения коэффициента формы поля продольной реакции якоря  $k_d$ , который определяет уменьшение амплитуды основной

волны поля по сравнению с её значением при равномерном воздушном зазоре, необходимо найти основную гармоническую поля.

Определим первую гармонику индукции в зазоре, исходя из рисунка 6:

$$\hat{A}_{ad1} = \frac{2}{\pi} \int_{\frac{-\pi}{2} + \alpha_1}^{\frac{\pi}{2} - \alpha_1} \hat{A}_{ad} \cos^2 \alpha d\alpha = \frac{\hat{A}_{ad} \cdot (\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}{\pi}. \quad (9)$$

Коэффициент

$$k_d = B_{ad1} / B_{ad} = \frac{(\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}{\pi}. \quad (10)$$

Так как зазор под наконечником полюса является равномерным и весьма малым, то поле возбуждения имеет вид прямоугольной кривой, основание которой равно  $b_{\text{пн}}$ . Эта кривая имеет основную гармоническую, амплитуда которой

$$B_m = \frac{2}{\pi} \int_{\frac{-\pi}{2} + \alpha_1}^{\frac{\pi}{2} - \alpha_1} B_m \cos \alpha d\alpha = \frac{4B_m \cdot \cos \alpha_1}{\pi}. \quad (11)$$

Коэффициент формы поля возбуждения определяется как отношение амплитуды индукции основной волны поля возбуждения  $B_{\delta 1}$ , к максимальному значению индукции этого поля

$$k_f = B_{m1} / B_m = \frac{4 \cdot \cos \alpha_1}{\pi}. \quad (12)$$

Коэффициент продольной реакции равен:

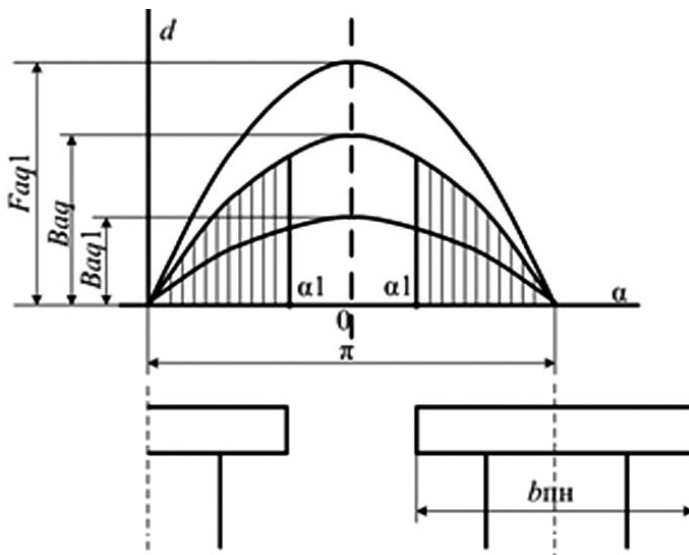
$$k_{ad} = k_d / k_f = \frac{(\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}{4 \cdot \cos \alpha_1}. \quad (13)$$

На рисунке 7 показано магнитное поле реакции якоря по поперечной оси. Величина индукции этого поля  $B_{aq1}$  определяется следующим образом:

$$\hat{A}_{aq1} = \frac{2}{\pi} \int_0^{\alpha_1} \hat{A}_{aq} \sin^2 \alpha d\alpha + \frac{2}{\pi} \int_{\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2} + \alpha_1} \hat{A}_{aq} \sin^2 \alpha d\alpha = \frac{\hat{A}_{aq} \cdot (\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}{\pi}. \quad (14)$$

Тогда коэффициент формы поля поперечной реакции будет равен:

$$k_q = B_{aq1} / B_{aq} = \frac{2 \cdot \left( \frac{\alpha_1}{2} - \frac{\sin(2 \cdot \alpha_1)}{4} \right)}{\pi} + \frac{(\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}{\pi}. \quad (15)$$



**Рисунок 7. Распределение магнитного поля реакции якоря по поперечной оси.**

Коэффициент поперечной реакции равен:

$$k_{aq} = k_q / k_f = \frac{\pi}{8 \cdot \cos \alpha_1} \quad (16)$$

Значения коэффициентов формы поля, полученные по формулам (10), (12), (13), (15), (16), с учетом разложения в гармонические ряды:

$$k_d = \frac{(\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}{\pi}$$

$$k_f = \frac{4 \cdot \cos \alpha_1}{\pi}$$

$$k_{ad} = \frac{(\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}{4 \cdot \cos \alpha_1}$$

$$k_q = - \frac{2 \cdot \left( \frac{\alpha_1}{2} - \frac{\sin(2 \cdot \alpha_1)}{4} \right)}{\pi} + \frac{(\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}{\pi}$$

$$k_{aq} = \frac{\pi}{8 \cdot \cos \alpha_1}$$

$$k_{\Phi d} = \frac{\pi \cdot \sin \alpha_1}{(\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}$$

$$k_{\Phi q} = \frac{\pi}{2 \cdot \left( \frac{\alpha_1}{2} - \frac{\sin(2 \cdot \alpha_1)}{4} \right)} + \frac{(1 - \cos \alpha_1)}{(\pi - 2 \cdot \alpha_1 + \sin(2 \cdot \alpha_1))}$$

Магнитные проводимости получены как обратная величина соответствующих сопротивлений в схемах замещения (рис. 5), с учетом значений коэффициентов формы соответствующих магнитных полей.

Определив все коэффициенты формы поля, можно определить индуктивные сопротивления. Главное индуктивное сопротивление якоря по продольной оси машины будет равно:

$$x_{ad} = \frac{2 \cdot m \cdot f_1 \cdot W_1^2 \cdot k_{01}^2}{p} \cdot A_{ad1} \quad (17)$$

где  $A_{ad1} = \frac{A_{ad}}{k_{\Phi d}}$  – магнитная проводимость воздушного зазора

по продольной оси;

$$A_{ad} = \frac{1}{R_{\delta d}} \cdot \frac{\left( \frac{1}{R_{\sigma}} + \frac{1}{R_m} \right)}{\left( \frac{1}{R_{\delta d}} + \frac{1}{R_{\sigma}} + \frac{1}{R_m} \right)}$$

Главное индуктивное сопротивление якоря по поперечной оси машины:

$$x_{aq} = \frac{2 \cdot m \cdot f_1 \cdot W_1^2 \cdot k_{01}^2}{p} \cdot A_{aq1} \quad (18)$$

где  $A_{aq1} = \frac{A_{aq}}{k_{\Phi q}}$  – магнитная проводимость воздушного зазора

по поперечной оси;  $A_{aq} = \frac{1}{R_{aq}}$ .

Полные индуктивные сопротивления якоря:

$$x_d = x_{ad} + x_s \quad (19)$$

$$x_q = x_{aq} + x_s \quad (20)$$

где  $X_S$  — индуктивное сопротивление рассеяния.

После определения всех параметров можно, применяя операторный метод, вывести уравнения токов для трехфазного короткого замыкания [4, с. 88] низкоскоростного торцевого генератора, а также применить эти параметры для определения его выходных характеристик.

### Список литературы:

1. Встовский А. Л. Анализ магнитного поля торцевого синхронного генератора с магнитоэлектрическим возбуждением / IV Международная научно-практическая конференция «Электромеханические преобразователи энергии», сб. трудов. — Томск, 2009 — С. 127—136.
2. Осин, И. Л., Электрические машины. Синхронные машины. М.: Высш. шк., 1990. — 304 с.
3. Патент 2246168 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> Н 02 К 21/24 / Торцевая электрическая машина / А. Л. Встовский, М. П. Головин и др.; заявитель и патентообладатель Краснояр. гос. техн. ун-т. — № 2003123588/09; заявл. 24.07.03; опубл. 10.02.05, Бюл. № 2. — 6 с.: ил.
4. Сипайлов, Г. А., Электрические машины (специальный курс). М.: Высш. шк., 1987. — 287 с.



## **ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАЧАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ТОПЛИВА НА РЕЖИМЫ ГОРЕНИЯ**

***Аскарова Алия Сандыбаевна***

*д-р физ.-мат. наук, профессор, Казахский Национальный  
Университет имени аль-Фараби г. Алматы, Казахстан*

***Болегенова Салтанат Алихановна***

*д-р физ.-мат. наук, профессор, Казахский Национальный  
Университет имени аль-Фараби г. Алматы, Казахстан*

***Бекмухамет Айдын***

*PhD, магистр техн. наук, преподаватель, Казахский Национальный  
Университет имени аль-Фараби г. Алматы, Казахстан*

***Максимов Валерий Юрьевич***

*PhD, магистр техн. наук, преподаватель, Казахский Национальный  
Университет имени аль-Фараби г. Алматы, Казахстан*

***Оспанова Шынар Сабитовна***

*магистр техники и технологии, инженер, преподаватель Казахский  
Национальный Университет имени аль-Фараби г. Алматы, Казахстан*

***Турсынбаева Айнур Ерлановна***

*магистрант, Казахский Национальный Университет имени аль-  
Фараби г. Алматы, Казахстан*

*E-mail: [shinar\\_ospanova87@mail.ru](mailto:shinar_ospanova87@mail.ru)*

В настоящей работе проведено исследование влияния начальной концентрации топлива на закономерности ламинарного и турбулентного газового факелов и их сравнение. Получено численное решение задачи о горении ламинарной и турбулентной затопленных струй метана в неподвижной окружающей среде.

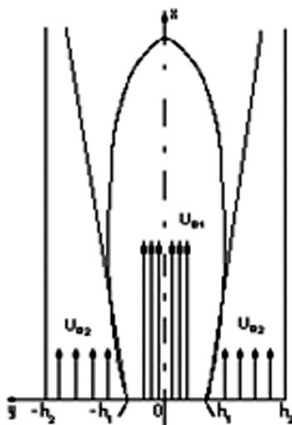
Для решения инженерных задач, связанных с горением газов, необходимо рассчитывать параметры процессов, протекающих в проектируемых устройствах, а это является трудной проблемой в связи с большим числом процессов, которыми он должен управлять. Математически такие задачи являются очень сложными и, как правило, решаются численными методами. Однако в некоторых

случаях можно получить аналитическое решение, которое является более ценным для проведения предварительных оценок при проектировании и разработке различных устройств.

В то же время аналитические решения, как правило, получают при очень грубых допущениях и предположениях, и поэтому полученное решение может оказаться непригодным для практического использования. Поэтому актуальным является вопрос о том, насколько корректно использование того или иного предположения или допущения, а соответственно необходимо ответить и на вопрос, в какой мере можно доверять имеющимся аналитическим решениям.

Рассматривается задача о ламинарном диффузионном факеле, образующемся при горении струи метана в неподвижной окружающей среде.

Схема задачи приведена на рисунке 1.



*Рисунок 1. Схема течения*

При формулировании математической модели были использованы следующие предположения:

- имеется осевая симметрия;
- течение стационарное двумерное;
- имеется соответствие простой химически реагирующей системе (ПХРС), т.е. топливо и окислитель находятся в стехиометрическом соотношении;
- однородность давления;
- пренебрежимо малое влияние диффузии, теплопроводности и вязкости в осевом направлении (по оси  $x$ );

- пренебрежимо малое влияние потерь тепла на излучение. В действительности возможно образование нескольких соединений. При горения метана образуются такие промежуточные продукты реакции, как  $\text{CH}_3$ ,  $\text{OH}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{H}$ ,  $\text{O}$ ,  $\text{C}$  и т. д. Однако в данной модели предполагается, что реакция идет по тепловому механизму и промежуточными реакциями пренебрегается.

Обобщенную реакцию горения метана можно записать следующим уравнением:



Здесь метан ( $\text{CH}_4$ ) — топливо, кислород ( $\text{O}_2$ ) — окислитель, углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ) и вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ) — продукты реакции, азот ( $\text{N}_2$ ) — инертный разбавитель.

Необходимо учитывать наличие инертных разбавителей в реагирующей смеси. Таким образом, предполагается, что реагирующая смесь является пятикомпонентной при горении метана.

С учетом сделанных предположений и допущений, математически данная задача описывается следующими уравнениями.

уравнение неразрывности:

$$\frac{\partial(r\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(r\rho v)}{\partial r} = 0 \quad (2)$$

уравнение движения:

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial r} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \mu_{\text{eff}} \frac{\partial u}{\partial r} \right) + (\rho - \rho^*) g_x \quad (3)$$

уравнение энергии:

$$\rho u \tilde{n}_p \frac{\partial T}{\partial x} + \rho v c_p \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \lambda_{\text{eff}} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + Q w_1 \quad (4)$$

уравнения переноса концентраций компонент смеси:

$$\rho u \frac{\partial \tilde{n}_i}{\partial x} + \rho v \frac{\partial \tilde{n}_i}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r D_{\text{eff}} \frac{\partial \tilde{n}_i}{\partial r} \right) \pm w_i, \quad i=1,2,3,4,5. \quad (5)$$

Здесь  $Q$  — тепловой эффект реакции, определенный на единицу массы топлива;  $i$  — номер компоненты смеси,  $w_i$  — скорости химических реакций,  $\mu_{\text{eff}}$ ,  $\lambda_{\text{eff}}$ ,  $D_{\text{eff}}$  — соответственно эффективные коэффициенты вязкости, теплопроводности и диффузии

Граничные условия для этой системы уравнений задаются следующим образом:

При  $x=0$  (на выходе из сопла) задаются начальные значения всех искомых функций:

$$0 < r < r_0: \quad u = u_0; \quad c_l = c_{0l}; \quad \tilde{c}_i = \sigma_i \tilde{n}_{0i}; \quad H_0 = c_p T_0 + Q c_{0l}$$

На оси струи задаются условия симметрии:

$$x \geq 0, r = 0 \quad \frac{\partial u}{\partial r} = \frac{\partial H}{\partial r} = \frac{\partial c_l}{\partial r} = \frac{\partial \tilde{c}_i}{\partial r} = 0$$

На свободной границе значения функций стремятся к их значениям в окружающей среде (покоящийся воздух):

$$x \geq 0, r \rightarrow \infty: \quad u \rightarrow 0, \quad H \rightarrow H_\infty = c_p T_\infty, \quad c_l \rightarrow 0, \quad \tilde{c}_i \rightarrow c_{\infty i}$$

Было исследовано влияние начальной концентрации топлива на форму факела, скорость и температуру ламинарной и турбулентной реагирующих струй с одинаковыми исходными данными.

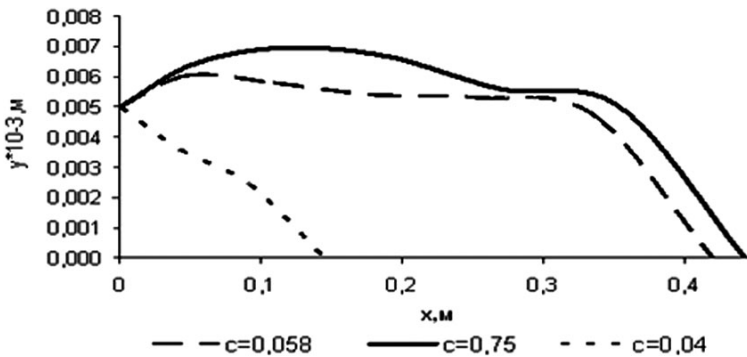
Получено численное решение задачи при трех значениях начальной концентрации топлива:

$c_{fu0} = 0,04$  соответствует недостатку топлива;

$c_{fu0} = 0,058$  соответствует стехиометрическому соотношению;

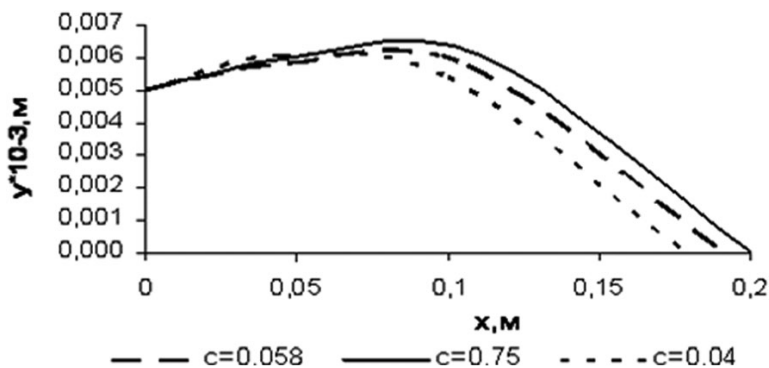
$c_{fu0} = 0,075$  соответствует избытку топлива.

Результаты вычислительных экспериментов представлены на рисунках 2—7.



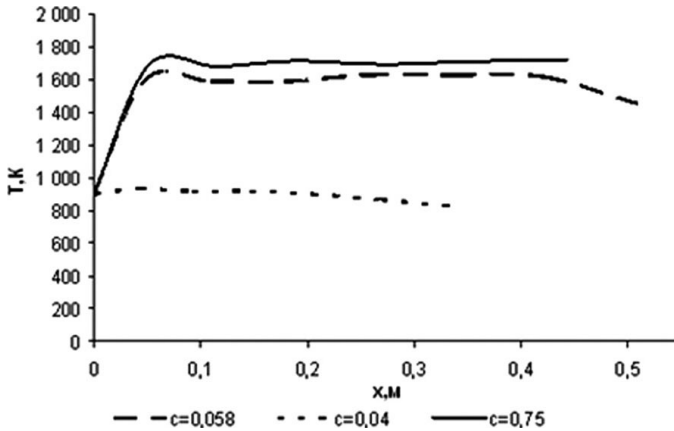
**Рисунок 2. Влияние начальной концентрации топлива на форму ламинарного факела**

На рисунках 2—3 приведено изменение координаты фронта пламени в зависимости от продольной координаты  $x$ . Положение фронта пламени определялось по максимальной температуре. Из этих рисунков следует, что с увеличением начальной концентрации топлива факел становится шире и длиннее, как при ламинарном, так и при турбулентном течении. Недостаток топлива сильнее сказывается при ламинарном течении: при  $C_{f0}=0,04$  длина ламинарного факела почти такая же, как и турбулентного факела. Для других значений начальной концентрации длина ламинарного факела длиннее турбулентного более чем в два раза.

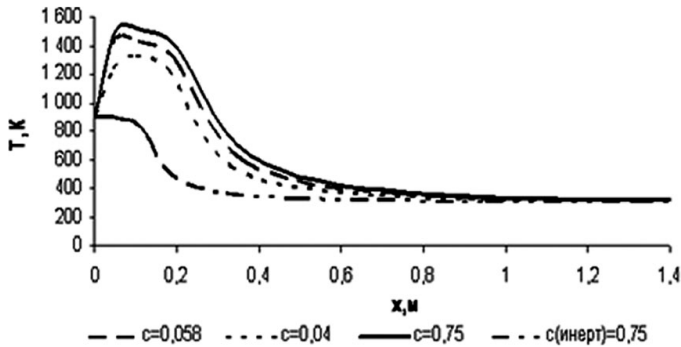


**Рисунок 3. Влияние начальной концентрации топлива на форму турбулентного факела**

На рисунках 4—5 приведено изменение температуры во фронте пламени при различных начальных концентрациях топлива. Из этих рисунков следует, что температура горения и для ламинарного, и для турбулентного режимов горения остается примерно постоянной на всем протяжении факела, а увеличение начальной концентрации приводит к небольшому увеличению температуры горения. После окончания горения температура начинает довольно резко падать и вне зависимости от начальной концентрации топлива стремится к одному и тому же значению, это особенно хорошо видно на рисунке 5.

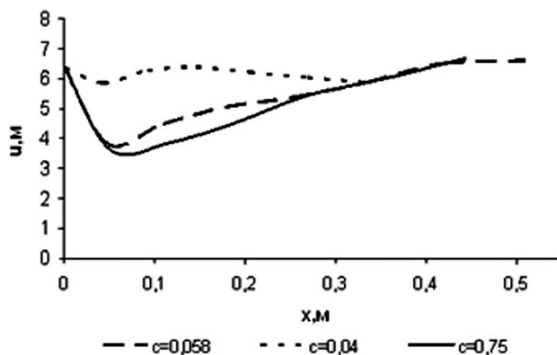


**Рисунок 4.** Влияние начальной концентрации топлива на температуру горения в ламинарной струе

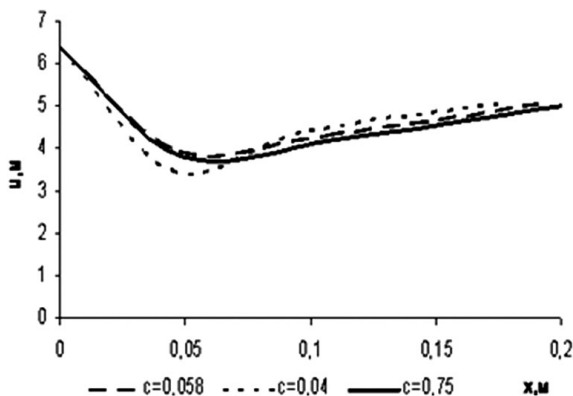


**Рисунок 5.** Влияние начальной концентрации топлива на температуру горения в турбулентной струе

Из рисунков 6—7 видно, что скорость во фронте пламени сначала падает, а затем возрастает до тех пор, пока горение не закончится. Таким образом, можно сделать вывод, что горение ускоряет течение в свободной струе, что должно приводить к нарушению ее автомодельности.



**Рисунок 6.** Влияние начальной концентрации топлива на скорость во фронте пламени при горении ламинарной струи



**Рисунок 7.** Влияние начальной концентрации топлива на скорость во фронте пламени при горении турбулентной струи

В работе получено численное решение задачи о горении ламинарной и турбулентной затопленных струй метана в неподвижной окружающей среде. Исследовано влияние начальной концентрации топлива на основные характеристики струи и изучен вопрос об автомодельности течения при различных начальных концентрациях топлива и режимах горения.

### Список литературы:

1. Аскарова А. С., Болегенова С. А., Локтионова И. В. Химически реагирующие турбулентные газовые струи при наличии внешних воздействий. Монография. — Алматы: Казак университеті. — 2005. — 117 с.

# РАСЧЁТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА СИСТЕМЫ «ТЕПЛОВОЙ НАСОС — ВЕТРОГЕНЕРАТОР — ФОТОЭЛЕМЕНТЫ»

*Грачёв Иван Николаевич*

*аспирант кафедры механики многофазных систем, Тюменский  
Государственный Университет, г. Тюмень  
E-mail: [gautier.jean1989@gmail.com](mailto:gautier.jean1989@gmail.com)*

Постоянно растущее увеличение объёмов добычи традиционных источников энергии, повсеместное формирование и развитие систем сжигания углеводородов, привели к возникновению не только очагов неблагоприятной экологической ситуации в густонаселённых районах, но и к формированию высоких цен на традиционные энергоносители. Поэтому рациональное использование топливно-энергетических ресурсов представляет сегодня собой одну из глобальных мировых проблем. Одним из перспективных путей решения этой проблемы является применение новых энергосберегающих технологий, использующих нетрадиционные возобновляемые источники энергии (НВИЭ). Преимущества этих технологий связаны с их экологической чистотой, а также с новыми возможностями повышения степени автономности систем жизнеобеспечения.

Для полной автономности систем жизнеобеспечения здания коттеджного типа была предложена система состоящая из теплового насоса и устройства производства электроэнергии. Существует два доступных устройства, основанных на нетрадиционном источнике энергии: ветрогенератор и панели фотоэлементов. Выбор одного из них основан на расчёте энергоэффективности их работы в условиях уральского климата.

Рассматриваемое здание имеет площадь  $S=120 \text{ м}^2$ , высоту потолка  $h=2,5 \text{ м}$  и длину сторон здания  $a=10 \text{ м}$ ,  $b=12 \text{ м}$ . Предполагается, что имеется система отопления, базирующаяся на циркуляции теплоносителя с температурой около  $+45^\circ\text{C}$ . Для выбора необходимых комплектующих системы теплоснабжения нужно произвести расчёт энергетических нужд. Если учесть, что тепловые потери здания составляют  $\lambda=0,3 \text{ Вт/м}^2\cdot^\circ\text{C}$  и приходятся на стены и крышу, а минимальная температура в Свердловской области опускается до  $T_{\min}=-46^\circ\text{C}$ , при условии поддержания комфортной температуры в помещении  $T_{\text{com}}=+22^\circ\text{C}$ , то потребляемая пиковая мощность составит:



$$Q = \lambda(S + 2h(a + b))(T_{com} - T_{min}) = 4692 \text{ Вт}$$

При подборе комплектующих необходимо ориентироваться именно на значение пиковой мощности, чтобы тепловая мощность теплонасосной станции могла ее покрывать. Выбран тепловой насос Solo 7MR/R, технические характеристики которого представлены ниже.

Тепловой насос характеризуется следующими величинами: CoP — коэффициент эффективности преобразования энергии,  $Q_F$  — охлаждающая мощность (извлекаемая энергия),  $Q_\epsilon$  — потребляемая электрическая мощность. С учётом этого получим  $Q = Q_F + \mu Q_\epsilon$ , где  $\mu$  — КПД компрессора теплового насоса. При условии, что температура воды в системе отопления колеблется в диапазоне от  $+18^\circ\text{C}$  до  $+55^\circ\text{C}$ , а температура грунта не опускается ниже  $-5^\circ\text{C}$ , то в этом случае  $\text{CoP}=3,6$ ,  $Q_F=5,3$  кВт,  $Q_\epsilon=1,47$  кВт. [4]

В составе теплонасосной станции в нашей задаче, будет использован коллектор с горизонтально расположенными трубами. Необходимый участок для коллектора теплового насоса определим из следующих соображений. Допустим, что средняя теплопроводность грунта  $q_E=25$  Вт/м<sup>2</sup>;  $Q_F=5,3$  кВт, тогда требуемая площадь:

$$S_E = \frac{Q_F}{q_E} = \frac{5000 \text{ Вт}}{25 \text{ Вт/м}^2} = 200 \text{ м}^2$$

Необходимое количество труб (полиэтиленовые трубы DN 25) по 100 м длиной каждая:

$$X = \frac{S_E \cdot 2}{100} = \frac{200 \text{ м}^2 \cdot 2 \text{ м/м}^2}{100 \text{ м}} = 4 \text{ трубы [3]}$$

Рассмотрим работу теплонасосной станции совместно с работой ветрогенератора. Надо учесть, чтобы система теплоснабжения могла функционировать при средней месячной минимальной температуре в течение всего отопительного периода. Для этого необходимо, чтобы электроэнергии, вырабатываемой ветрогенератором, хватало для функционирования теплового насоса. Расчёты энергетического баланса теплонасосная станция — ветрогенератор представлены в таблице 1. Определение мощности ветрогенератора с диаметром лопастей  $D=3$  м был произведен согласно теореме Бетца, которая накладывает ограничения на величину извлекаемой энергии:

$P = \frac{1}{2} \frac{8\pi\rho D^2 V_1^3}{108} = 0,145 D^2 V_1^3$ , где учтена поправка на 50 % от лимита Бетца [2], связанная с КПД самого механизма и с тем, что воздушный поток не ламинарный.

**Таблица 1.****Расчёт энергетического баланса для установки тепловой насос-ветрогенератор**

	<b>Янв</b>	<b>Фев</b>	<b>Мар</b>	<b>Апр</b>	<b>Окт</b>	<b>Ноя</b>	<b>Дек</b>
Средний минимум, °С	-16,8	-15,2	-8,2	0	-0,3	-9	-13,6
Тепловые потери, Вт	2677,2	2566,8	2083,8	1518	1538,7	2139	2456,4
Среднее значение за 10 лет м/с	4,26	4,17	3,93	4,09	4,29	4,17	4,3
Мощность ветрогенератора, Вт	807,1	757,0	633,7	714,3	824,3	757,0	830,1
Потребляемая мощность ТС, Вт	743,7	713,0	578,8	421,7	427,4	594,2	682,3

Как видно из расчётов, сведенных в таблице 1 ([1]), электроэнергии, получаемой от ветрогенератора, вполне достаточно для работы теплонасосной станции, количество вырабатываемой энергии в течении всего отопительного периода практически постоянно, что говорит о надёжности и пригодности использования ветрогенератора для подобных целей.

Рассмотрим работу теплового насоса и панелей фотоэлементов, энергетический баланс которого представлен в таблице 2.

**Таблица 2.****Расчёт энергетического баланса для установки тепловой насос-фотоэлементы**

	<b>Янв</b>	<b>Фев</b>	<b>Мар</b>	<b>Апр</b>	<b>Окт</b>	<b>Ноя</b>	<b>Дек</b>
Мощность инсоляции, Вт/м <sup>2</sup> /сут	940	2120	4000	6050	2420	1220	620
Мощность фотоэлементов(180м <sup>2</sup> ), Вт	846	1908	3600	5445	2178	1098	558
Потребляемая мощность ТС, Вт	743,7	713,0	578,8	421,7	427,4	594,2	682,3

Согласно полученным данным, в самые холодные месяцы (декабрь и январь) требуется больше всего энергии, но из-за большего количества пасмурных дней мощность инсоляции меньше в 2—3 раза по сравнению с другими месяцами отопительного периода, поэтому для покрытия расходов электроэнергии тепловым насосом в период с

декабря по январь необходимо около 180 м<sup>2</sup> панелей фотоэлементов и 70 м<sup>2</sup> в остальные месяцы отопительного периода, при условии, что КПД панелей фотоэлементов составляет 12 % [1].

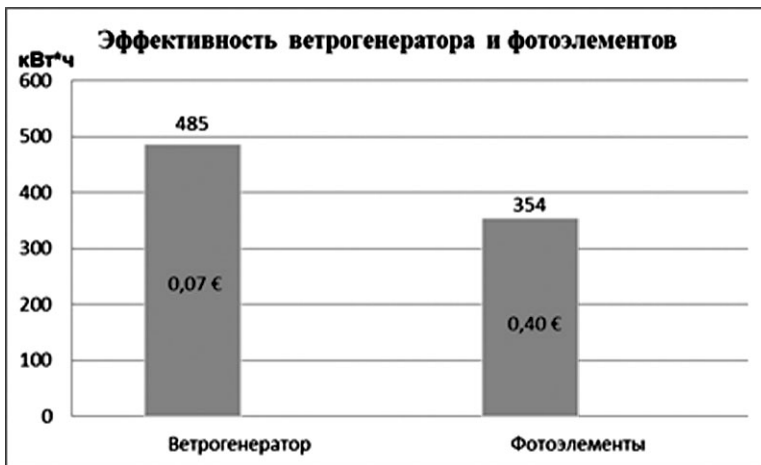
Как известно, работа ветрогенератора и фотоэлементов зависит от погодных условий и для того, чтобы обеспечить непрерывное извлечения низкопотенциальной энергии грунта в течение всего отопительного периода, необходимы аккумуляторные батареи, заряда которых хватало бы для питания тепловой станции. Естественно, должен быть предусмотрен преобразователь постоянного тока в переменный для работы компрессора теплового насоса. В итоге, нами была предложена для решения поставленной задачи следующая система, элементы которой представлены в таблице 3.

*Таблица 3.*

**Стоимость системы теплоснабжения. [5, 6]**

<b>Système Type</b>	<b>Производитель</b>	<b>Стоимость,€</b>
Ветрогенератор 48 В 1000 Вт	Air-X	1 498
Аккумуляторы AGM 12 В 100 Ah 8 штук	EFFEKTA	1 752
Преобразователь псевдо синусу С3000 Вт 12 В	CCL	1 389
Тепловой насос CSolo 7MR/R	DeDietrich	5 250
Общая стоимость		9 879

Для производства электроэнергии был выбран ветрогенератор согласно экономическим соображениям, стоимость одного кВт\*ч, произведённого ветрогенератором составляет 0,07 € против 0,4 € за кВт\*ч произведённого с помощью фотоэлементов.



*Рисунок 1. Количество энергии, произведённое в год на м<sup>2</sup>*

Полученная общая стоимость установки 9879 € является инвестицией на 10 лет — это срок службы аккумуляторных батарей и ветрогенератора. За этот период затраты на отопления традиционным способом, на момент написания статьи, составляют 6,07 р за м<sup>2</sup> и за горячую воду 147,11 р за человека, с учётом ежегодного удорожания отопительных услуг на 20 %, что в итоге даёт 10255 €. Данная система позволяет получать прибыль после 10 лет использования.

### Список литературы:

1. Bernier J. La Pompe à chaleur: Déterminer-Installer- Entretienir — Edi.: PУC Livres. Paris, 2004. — P. 101—103.
2. Bértz J. P. Les éoliennes — Edi.: Masson. Paris, 2006. — P. 25—41.
3. Capliez A. Mémotech Génie énergétique-3ème Edition , Collection: — Edi.: CASTEILLA. Paris, 2003. — P. 75—76.
4. Dehausse R., Marchio D. Pompes à chaleur et systèmes apparentés: Techniques de l'ingénieur — Edi.: PУC Livres. Paris, 2004. — P. 58—59.
5. <http://www.dedietrich-thermique.fr> (дата обращения: 08.05.2011)
6. <http://www.energie douce.com/> (дата обращения: 08.05.2011)

# **ВЫСОКОТОЧНАЯ АВТОНОМНАЯ АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РАБОТОСПОСОБНОСТИ**

***Меденков Александр Анатольевич***

*аспирант, Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

***Петрова Валентина Александровна***

*канд. техн. наук, доцент, Сибирский государственный  
индустриальный университет, г. Новокузнецк*

***Петров Валерий Иванович***

*канд. техн. наук, технический директор ООО «Виртуаль»,  
г. Новокузнецк*

***Патанин Андрей Владимирович***

*аспирант, Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

***Меденков Алексей Анатольевич***

*студент, Сибирский государственный индустриальный университет,  
г. Новокузнецк*

*E-mail: [Medenkov\\_AA@inbox.ru](mailto:Medenkov_AA@inbox.ru)*

В настоящее время необходимо ужесточить требования к параметрам систем неразрушающего контроля, применяющихся для мониторинга на ответственных объектах, в связи с необходимостью уменьшения рисков возникновения крупных аварий, подобных той, что произошла на Саяно-Шушенской ГЭС. В настоящей работе авторами предлагается система контроля, предотвращающая возникновение аварийных ситуаций на основании информации о сроках разрушения, полученной по результатам работы системы.

К одним из акустических методов неразрушающего контроля, применяемых в различных областях промышленности и транспорта, в том числе и в теплоэнергетике, относится акустическая эмиссия (АЭ) — метод, основанный на регистрации волн напряжений от развивающихся дефектов независимо от их природы и причин, вызывающих их развитие. Однако акустическая эмиссия не предназначена для прогнозирования

остаточного ресурса работоспособности. Для получения точной информации о моменте разрушения контролируемого объекта авторами предложено использовать в качестве второго уровня контроля метод затухания ультразвуковых волн, позволяющий определять стадию эксплуатации объекта. Исследования, проведенные авторами показали существование трех стадий эксплуатации: 1) стадия приработочных отказов; 2) стадия нормальной эксплуатации; 3) стадия предразрушения. В зависимости от того в какой стадии находится объект осуществляется прогноз сроков его перехода в стадию предразрушения (остаточный ресурс работоспособности).

Метод АЭ позволяет классифицировать дефекты не только по размерам, но и по степени их опасности, а также определять их местоположение. В такой классификации может оказаться, что большие по размерам дефекты попадут в класс неопасных, не требующих ремонта элементов конструкции. Указанное качество АЭ позволяет принципиально по-новому подходить к определению опасности дефекта. Кроме того, изделие может выйти из строя не только в результате наличия несплошностей, но также из-за изменения формы, потери устойчивости и других причин. В этих случаях акустическая эмиссия сигнализирует о развитии процессов, ведущих к разрушению.

Данный метод обладает высокой чувствительностью к развивающимся дефектам. Его чувствительность значительно превосходит чувствительность других методов. Например, он позволяет в процессе эксплуатации объекта выявить в рабочих условиях приращение трещины порядка долей миллиметра, чего не может сделать ни один из традиционных методов НК.

Характерной особенностью метода является его интегральность, заключающаяся в том, что, используя один (для определения координат дефекта на участке контроля требуется всего один датчик) или несколько датчиков (резонансных), установленных на поверхности объекта, можно проконтролировать весь объект. При этом координаты дефектов определяются без сканирования поверхности объекта преобразователем. Следовательно, от состояния поверхности и качества ее обработки не зависит проведение контроля и интерпретация его результатов. Данное свойство полезно в случае, если доступ к поверхности контролируемого объекта затруднен или невозможен, например, для теплоизолированных трубопроводов и сосудов, объектов, размещенных под землей, конструкций, работающих в сложных условиях: ракет, шатлов, самолетов, атомных реакторов и многих других объектов. Наиболее наглядно это свойство проявляется при контроле процесса сварки и сварных швов крупногабаритных или протяженных объектов.

Полезной особенностью метода является возможность проведения контроля различных технологических процессов, приводящих к изменению свойств и состояний материалов; например, контроль сварки в процессе ее проведения нашел уже достаточно широкое применение. Своевременное обнаружение дефектов в процессе сварки позволяет оперативно проводить ремонт. При этом открывается возможность адаптивного управления технологическим процессом, то есть по сигналам АЭ можно управлять параметрами технологического процесса, а приборы должны стать элементом системы управления процессами.

Кроме того, контроль методом АЭ дает возможность судить об изменении напряженно-деформированного состояния материала объекта, о процессах коррозии под напряжением и других факторах, влияющих на долговечность конструкции. Для него положение и ориентация дефекта не имеет существенного значения, а для большинства методов НК важное значение имеют не только размеры дефекта, но и его местоположение и ориентация.

Акустико-эмиссионный контроль имеет меньше ограничений, связанных со свойствами и структурой материалов. Например, неоднородность материала оказывает большое влияние на показания радиографического и ультразвукового методов, тогда как для АЭ данные свойства материала не имеют существенного значения. При отработанной методике контроля и наличии опыта интерпретации результатов АЭК весьма прост в применении и не требует больших затрат времени, а также имеет более широкий диапазон применений (по материалам). Его успешно используют, например, для контроля композиционных материалов, для которых применение других методов НК затруднено или невозможно. Однако на первых этапах для его выполнения необходимы весьма квалифицированные операторы.

Получение полезной информации, которая может быть выделена из интегрального количества регистрируемых сигналов АЭ, осуществляется методами математической обработки, при этом, учитывая число возможных регистрируемых параметров определенное значение имеет выбор наиболее информативных, несущих необходимую информацию о локальной динамической перестройке внутренней структуры твердых тел.

Внедрение систем акустико-эмиссионного контроля включает следующие этапы:

- 1) разработку преобразователей сигналов акустической эмиссии в узкополосном варианте и определение оптимальной полосы частот для регистрации сигналов акустической эмиссии по данным лабораторных и производственных испытаний; 2) разработку преобразователей сигналов акустической эмиссии в широкополосном варианте и определение

спектра промышленных шумов работающего оборудования; 3) определение оптимальной полосы частот для регистрации сигналов акустической эмиссии по данным лабораторных и производственных испытаний; 4) изготовление резонансных систем преобразователь — предварительный усилитель для комплекса диагностики; 5) настройку блока определения местонахождения дефектных участков в зависимости от резонансных частот предварительных усилителей; 6) отработку комплекса диагностики на реальных объектах.

#### **Постановка задачи исследования.**

1. Выбор методик НК металла для использования в системе (подробно рассмотрен в начале данной статьи); 2. Выбор оптимальных датчиков под каждый метод для работы в системе; 3. Установление очередности применения методов (последовательное, параллельное) В системе применяется последовательное сочетание методов; 4. Построение алгоритмов для получения результатов измерений каждым из используемых методов; 5. Разработка и реализация программного комплекса визуализации результатов контроля; 6. Техническое планирование и реализация системы; 7. Проведение лабораторных испытаний; 8. Испытание системы в промышленных условиях на реальном объекте.

***Выбор оптимальных датчиков под каждый метод для работы в системе.*** Для первого уровня контроля выбраны типовые цифровые датчики предназначенные для контроля методом акустической эмиссии. Для второго уровня контроля используются аналоговые датчики с преобразованием результатов контроля в цифровой вид

***Установление очередности применения методов (последовательное, параллельное).*** В системе применяется последовательное сочетание методов. Метод акустической эмиссии используется для обнаружения источников излучения, т. е. для поиска развивающихся дефектов. На первом уровне контроля, как правило прослеживается тенденция деградации структурно-фазового состояния металла.

В случае обнаружения несоответствий, угрожающих работоспособности контролируемого объекта задействуется второй уровень контроля. На этом этапе устанавливается стадия эксплуатации объекта. В данном случае используется деление на три стадии: стадия приработочных отказов, стадия нормальной эксплуатации, стадия предразрушения. Данные стадии определены на основе экспериментальных зависимостей. В результате была получена зависимость, в которой входным параметром являются результаты, полученные на втором уровне контроля. Также в эту зависимость введена временная шкала работоспособности. Используя зависимость и введенную шкалу, получено значение времени безопасной эксплуатации объекта.

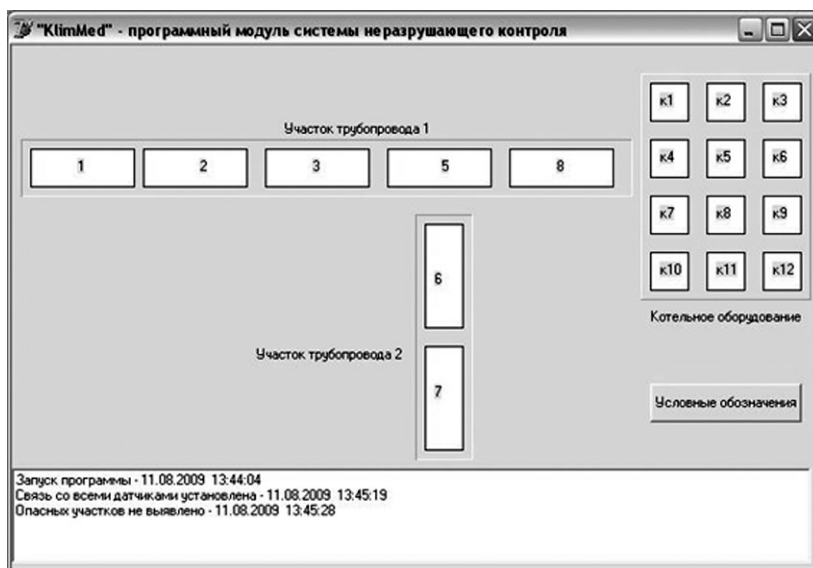


**Построение алгоритмов для получения результатов измерений каждым из используемых методов.** Алгоритм определения дефектных участков контроля заключается в следующем: регистрируя изменения сигналов акустической эмиссии, получаемых с участков контролируемого объекта производится сравнение с базовыми параметрами заложенными в систему. На основании результатов сравнения делается вывод о наличии дефектов на участках. По интенсивности изменения параметров определяется класс опасности участка. Локализация дефекта производится на основании различия времени прихода сигналов от разных дефектов на датчик. На втором уровне контроля анализируется структурное состояние объекта. На основании полученных результатов измерений программа вызывает подпрограмму прогнозирования остаточного ресурса работоспособности

**Разработка и реализация программного комплекса визуализации результатов контроля.** Полученные результаты диагностики преобразуются в графический вид посредством вызова специальной функции. Данная функция отвечает за прорисовку результатов и вывод текстовой информации в рабочие окна.

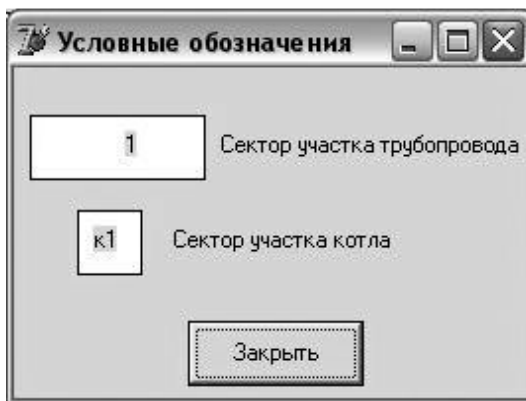
Программа включает в себя три окна.

Главное окно (рисунок 1): в верхней части окна название программы, логотип и информацию о функциональном назначении.



**Рисунок 1. Главное окно программы**

В центральной части окна располагается рабочая область, в которую входят схематическое отображение контролируемых участков трубопроводов (они изображены в виде прямоугольников с цифровым обозначением номера участка). Участки паронагревательного оборудования отображаются в виде квадратов. При нажатии кнопки «Условные обозначения» осуществляется вывод окна (рисунок 2) с описанием введенных обозначений.



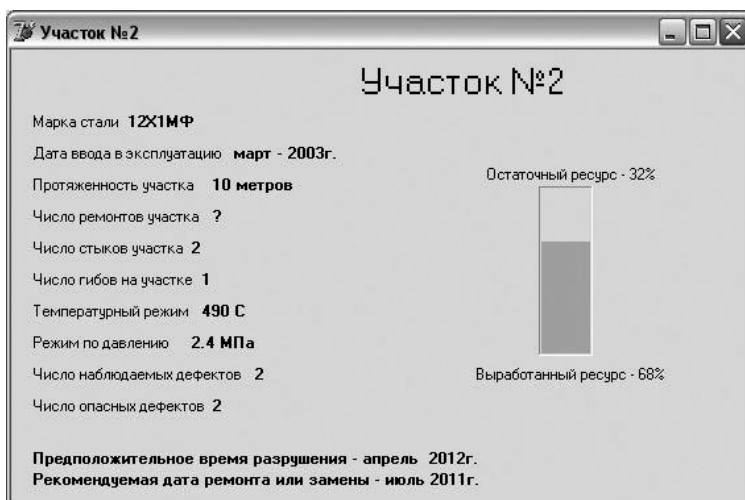
***Рисунок 2. Окно вывода используемых в программе условных обозначений***

В нижней части окна располагается консоль событий, отражающая в себе характеристику работы системы.

Блок контроля аварийных ситуаций срабатывает в случае значительного изменения частоты регистрируемых параметров акустических волн в месте предполагаемого дефекта и усиления контроля на этом участке для получения более полной информации о развитии дефекта. Программа предусматривает автоматический вывод окна (рисунок 3) с необходимой информацией по дефектности данного участка и времени устранения выявленных несоответствий в целях предотвращения аварийной ситуации.

Для перехода в окно анализа ресурса работоспособности с рекомендациями о сроках устранения дефекта и прогнозом разрушения данного участка необходимо осуществить переход на интересующий объект. Для простоты восприятия информации в программе использована визуализация ресурса работоспособности участка в виде прямоугольника с закрасленным сектором, показывающем отработанный ресурс. В зависимости от расположения

в области выявленной стадии определяется время работы объекта до отказа, измеряемое в часах эксплуатации. Прогноз соответствует истинному моменту разрушения с точностью 98 %. В зависимости от оставшегося времени допустимой эксплуатации объекта определяются сроки устранения или замены. После вывода этой информации второй уровень контроля автоматически будет отключен.



*Рисунок 3. Окно анализа ресурса работоспособности*

Для визуализации результатов используется адаптированная к производственным условиям терминальная консоль, устанавливаемая в пункте контроля. Консоль базируется на основе свободно распространяемого ПО, что не требует дополнительных затрат и обеспечивает гибкость всей системы и с легкостью позволяет синхронизировать систему диагностики с большинством известных на сегодняшний день операционных систем. В случае обнаружения развивающегося дефекта система сообщает посредством световой и звуковой сигнализации.

*Техническое планирование и реализация системы.* При установке комплекса контроля на теплоэнергетическое оборудование по данным отдела технического контроля определяются участки паропроводов, подвергающиеся повышенным нагрузкам во время эксплуатации. При запланированных ремонтах на элементах конструкций, подлежащих периодическому или постоянному контролю, устанавливаются волноводы, рабочая часть которых

выходит за слой теплоизоляции. При периодическом контроле на волноводы устанавливаются преобразователи, расстояние между волноводами которых составляет 8—10 метров.

Контроль корпусов турбин происходит аналогичным образом. В общем случае на турбине устанавливается 8—12 волноводов на местах наиболее подверженных образованию трещин.

***Проведение лабораторных испытаний.*** Проведение лабораторных испытаний заключалось в анализе образцов сталей, полученных с реальных объектов. Методику проведения лабораторных испытаний рассмотрим на примере образцов стали 12Х1МФ, вырезанных из участков паропроводов, имеющих различное время эксплуатации, отличающиеся структуры и с различным значением остаточного ресурса работоспособности. Были проведены металлографические испытания для определения структуры каждого конкретного образца, эта информация сравнивалась с данными о структуре этих участков в момент поставки. Проведены механические испытания, химический анализ. Далее осуществлен анализ образцов акустическими методами неразрушающего контроля с целью определения значений присущих определенным структурам.

В процессе лабораторных исследований получены зависимости эволюции структурно-фазового состояния материала от времени эксплуатации, выраженные с помощью данных акустического контроля. Эти зависимости реализованы в системе в качестве математического аппарата.

***Выводы.*** На основе представленных методик диагностики металла теплоэнергетических объектов с применением акустической эмиссии на начальном этапе диагностики, и метода затухания ультразвуковых волн, использованного для более точного анализа структурно-фазового состояния объекта контроля, спроектирована и разработана программа «KlimMed» системы диагностики оборудования методами неразрушающего контроля в режиме реального времени с функцией прогнозирования остаточного ресурса.

Разработанная авторами система неразрушающего контроля обеспечивает обнаружение и локализацию развивающихся дефектов с погрешностью около 2 %, и позволяет осуществлять диагностику контролируемого оборудования и прогнозирование развития дефектов, то есть предупреждение возникновения аварийных ситуаций на объектах путём своевременного обнаружения дефектов и рекомендаций о сроках устранения.

# ПРОГРАММА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫМИ ПУНКТАМИ

*Шелест Владимир Александрович*

*канд. техн. наук, доцент СКГГТА, г. Черкесск*

*E-mail: [vshel@vandex.ru](mailto:vshel@vandex.ru)*

Различные НИИ и СКБ разрабатывают для конкретных объектов энергетики альтернативные АСУ, реализующие заданные наборы функций [1—3, 5]. Целесообразность такого подхода имеет экономические обоснования. Технические решения, предлагаемые разработчиками таких систем, находят практическое применение и представляют интерес для других специалистов, работающих в этой области.

Предлагаемая статья посвящена особенностям управляющей программы компьютера АСУ созданной для управления распределительными пунктами (РП). При разработке автоматизированной системы были учтены требования к программному обеспечению в руководящем документе [4]. Для получения дополнительной информации о разработанной автоматизированной системе желательно ознакомиться с работой [6].

С помощью управляющей программы решаются такие задачи АСУ, как сбор сигнальной и измерительной информации с РП, управление коммутационными аппаратами РП, отображение сигнальной, измерительной и служебной информации на мониторе, отображение сигнальной информации на мнемощите и сервисное обеспечение.

Используются стандартные программы Windows XP, OpenOffice.Org 2.3.1 и Microsoft.NET Framework SDK v2.1.

Управляющая программа представляет собой приложение, созданное в интегрированной среде разработки Visual Basic.NET. Богатый набор визуальных инструментов (элементов управления) существенно упростил построение различных элементов приложения, в том числе создание интуитивно-понятного интерфейса. Например, элементы управления TabControl позволили выстроить иерархию вкладок TabPage удобную для диспетчера.

В верхней части экрана открыт доступ к вкладкам «Главная», «Инфоцентр», «РП-1», ..... и «РП-15». На вкладке «Главная» находится карта с указанием мест расположения РП. Удаление символа РП с карты деактивирует работу АСУ с этим РП.

Особый интерес представляет вкладка «ИнфоЦентр», на которой удалось сосредоточить информацию, получаемую со всех РП. Для

каждого РП отображаются режимы опроса сигнальной и измерительной информации, отклонения напряжений от номинальных значений, токи присоединений, положения выключателей и остальная сигнальная информация.

При выборе вкладки РП-Н открывается доступ к вкладкам «Мнемосхема», «Сигнальная информация», «Оперативный журнал» «Тест управления» и «Контроль измерения» соответствующего РП. Эти вкладки расположены в нижней части экрана.

На вкладке «Мнемосхема» отображаются мнемосхема РП, совпадающая с видом мнемосхемы на мнемощите, токи присоединений, напряжения секций шин и основная сигнализация. В специальном окне в виде матрицы расположена вся сигнализация этого РП. Мнемосхема имеет интерактивный режим работы, что позволяет диспетчеру курсором мышки выбирать выключатели и выполнять соответствующие команды управления. Предусмотрены специальные решения, позволяющие уточнять действия диспетчера при управлении выключателями. После срабатывания релейной защиты выполняется квитирование сигнала телеуправления выключателя.

Вкладка «Сигнальная информация» отображает текущее состояние сигналов РП и для удобства диспетчера приводится полное название оборудования, от которого поступает сигнальная информация. На вкладке «Оперативный журнал» имеется оперативная информация текущего месяца об операциях управления и изменениях сигналов. Оперативная информация предыдущих месяцев находится в архиве. Предусмотрена возможность просмотра архива.

Диспетчер вкладку «Тест управления» обычно не использует. Она открывается автоматически, если управляющая программа или программа терминала РП обнаружили недопустимые отклонения в процессе управления. Всего контролируется 12 видов различных отклонений.

Вкладка «Контроль измерений» также открывается автоматически для сообщений об измерительных преобразователях, не ответивших терминалу РП.

Программа имеет ряд меню «Файл», «Настройки» и «Оператор системы». Диспетчер может с помощью меню «Настройки» переключать программу для работы без дежурного блока или с дежурным блоком [6].

К меню «Оператор системы» имеет доступ должностное лицо, отвечающее за настройку всех параметров АСУ. В его распоряжении находятся многие подменю. Среди них следует выделить подменю «Редактор мнемосхемы», «Настройка контроллеров мнемощита», «Тест мнемощита», «Распределение сигналов», «Настройка ДБ», «Настройка терминалов РП» и «Управление процессами».

Реконструкция РП приводит к изменению мнемосхем. В связи с этим разработан редактор мнемосхем и встроен в единое кодовое пространство управляющей программы. В этом редакторе пользователь своевременно вносит необходимые изменения в мнемосхемы РП на экране монитора.

Подменю «Настройка контроллеров мнемосхем» и «Тест мнемосхем» позволяют настраивать и контролировать работу мнемосхем. Возможны изменения скорости передачи информации и сетевых номеров контроллеров.

В подменю «Распределение сигналов» устанавливается соответствие абсолютных и матричных номеров сигналов контролируемому оборудованию. Ряд сигналов объединяются в группы «Положение выключателей», «Квитирование» и «Режим работы», что упрощает их отображение на мониторе.

С помощью подменю «Настройка ДБ» выполняется запись в дежурный блок номеров присоединений, текущего времени, номеров сигналов положения выключателей, коэффициентов трансформации трансформаторов тока, информация о напряжении сети и др.

Дистанционная настройка терминалов РП выполняется с помощью соответствующего подменю.

Очень важно понимать, что в автоматизированной системе компьютер необходимо использовать в режиме терминала, с проверенным набором функций. Т.е., в автоматизированной системе компьютер уже не является компьютером в широком смысле слова. К сожалению, многие пользователи продолжают относиться к компьютеру в составе автоматизированной системы как к обычному компьютеру, загружая его различными дополнительными задачами. Это чревато неожиданными, негативными и трудно предсказуемыми последствиями. Возможны не только сбои управляющей программы, но и ошибочные ее действия при управлениях или повреждение накопленных баз данных. Такие случаи в работе различных АСУ происходили.

Следует применить дополнительные меры, повышающие стабильность работы управляющей программы. Прежде всего, необходимо выбрать статус управляющей программы из трех возможных: незащищенная, защищенная и прогрессивно-защищенная. В начале опытной эксплуатации автоматизированной системы возможно применение незащищенной управляющей программы с целью уточнения перечня процессов компьютера, необходимых для выполнения всех функций этой системы. Уточненный перечень процессов становится перечнем разрешенных процессов.

После уточнения перечня необходимых процессов программа должна работать в защищенном режиме. В этом режиме управляющая программа контролирует появление в компьютере посторонних процессов и закрывает или блокирует их.

Конечно, программная среда, в которой работает управляющая программа, может обновляться, поэтому управляющая программа позволяет корректировать перечень разрешенных процессов. Вся ответственность за стабильную работу управляющей программы при расширении перечня разрешенных процессов ложится в этом случае на пользователя.

При выборе подменю «Управление процессами» открывается одноименное окно. Здесь можно увидеть количество активных процессов в компьютере, перечни основных, дополнительных и неизвестных процессов. Следует разобраться с неизвестными процессами. Необходимые процессы переводятся в список дополнительных процессов, а остальные ликвидируются. Рекомендуется начинать работу с РП только при отсутствии неизвестных процессов.

Если автоматизированная система интенсивно развивается, добавляются новые функции и совершенствуется защита, то управляющая программа приобретает статус прогрессивно-защищенной. При таком статусе стабильность работы программы автоматизированной системы самая высокая.

### **Список литературы:**

1. Гольдфейн В. Телемеханическая система управления тяговыми подстанциями // Современные технологии автоматизации. 1998. № 2. С. 46—51.
2. Гурьев А. В., Букварев Е. А. Системы автоматизированного управления наружным освещением // Электротехника. 2001. № 5. С. 4.
3. Пономаренко И. и др. Автоматизированная система управления распределительными электрическими сетями // КИП и автоматика. 2005. № 1. С. 30—31.
4. РД 153-34.1-35.127-2002. Общие технические требования к программно-техническим комплексам для АСУ ТП тепловых электростанций. — М: РАО ЕЭС России, 2002.
5. Шелест В., Лаказов К. Микропроцессорная система управления тяговыми подстанциями // КИП и автоматика. 2006. № 2. С. 38—40.
6. Шелест В. А. Дежурный блок автоматизированной системы управления распределительными пунктами // Материалы международной заочной научно-практической конференции «Вопросы науки и техники». — Новосибирск, 2012. — С. 149—153.



## СЕКЦИЯ 6.

### МЕТАЛЛУРГИЯ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ СОСТАВОВ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СТОМАТОЛОГИИ

*Крайнов Андрей Сергеевич*

*студент, СамГТУ, г. Самара*

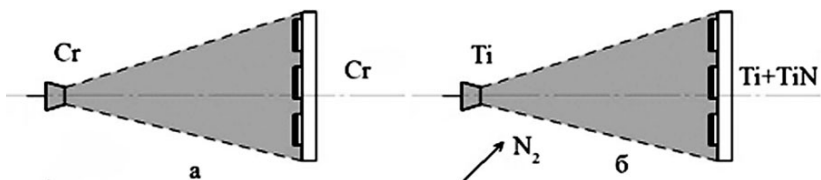
*E-mail: [anreys@inbox.ru](mailto:anreys@inbox.ru)*

*Лавро Виктор Николаевич*

*канд. техн. наук, доцент СамГТУ, г. Самара*

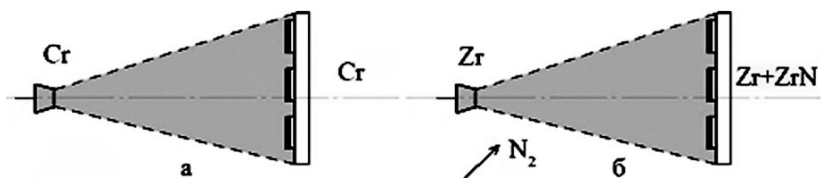
Сегодня одними из основных материалов для изготовления зубных протезов по-прежнему остаются металлы и их сплавы. Однако не редко металлические сплавы вызывают у пациентов аллергические реакции, побочные явления в полости рта, ухудшают общее состояние организма. Одним из методов, позволяющим решить эту проблему является ионно-плазменное защитное напыление на зубные протезы биосовместимых материалов.

В качестве основы для изготовления металлических элементов зубных протезов была взята полированная нержавеющая сталь марки X18H9T с шероховатостью поверхности  $R_a=0,02$  мкм. Для соединения изделий из нержавеющей стали использовался припой серебряный ПСр МЦ-37, в состав которого входят серебро, медь, цинк, висмут, кадмий и другие элементы. Впоследствии на паяный протез напылялось защитное покрытие методом ионно-плазменного напыления на установке типа «Юнион». В качестве материалов для напыления были использованы такие элементы как нитрид титана, нитрид циркония и хром. Для сравнительной оценки коррозионных и физико-механических свойств были предложены две схемы нанесения покрытия. В первом случае на имплантат, после газовой и ионной очистки, наносился подслои хрома с целью закрытия места паек на зубных протезах (Рисунок. 1а). После этого наносилось монопокрытие Ti+TiN (Рисунок. 1б).



**Рисунок 1. а — схема нанесения подслоя хрома; б — схема нанесения монопокрытия Ti+TiN.**

Во втором случае на имплантат после газовой и ионной очистки также наносился подслоя хрома (Рисунок. 2а), после чего наносилось монопокрытие Zr+ZrN (Рисунок. 2б).



**Рисунок 2. а — схема нанесения подслоя хрома; б — схема нанесения монопокрытия Zr+ZrN.**

Оптимальные технологические режимы предварительной очистки и нанесения покрытия на образцы из нержавеющей стали на плазменной установке «Юнион» представлены в таблице 1.

Таблица 1.

**Оптимальные технологические режимы предварительной очистки и нанесения покрытия на образцы из нержавеющей стали на плазменной установке «Юнион»**

Газовая очистка с использованием модуля «Поток»							
Остаточное давление, Па	Давление Ar, Па	Ток накал, А	Ток разряда, А	Напряжение разряда, В	Ток электромагнита, А	Температура, °С	Время, мин
—	0,026 / 0,026	25 / 25,5	1,57 / 1,63	147 / 104	0,15 / 3,12	—	10 / 10
Режимы ионной бомбардировки (ионная очистка)							
Остаточное давление, Па	Ток дуги, А	Ионный ток, А	Ток фокусирующей катушки, А	Ток стабилизирующей катушки, А	Напряжение подложки, В	Температура, °С	Время, мин
0,0039 / 0,0013	85 / 115	1,0 / 1,0	0,4 / 0,5	0,4 / 0,5	200-1000 / 0-1000	500 / 450	10 / 10
Параметры при конденсации покрытия							
Давление газа (N <sub>2</sub> ), Па	Ток дуги, А	Ионный ток, А	Ток фокусирующей катушки, А	Ток стабилизирующей катушки, А	Напряжение подложки, В	Температура, °С	Время, мин
0,39 / 0,67	85 / 115	1,5 / 0,5	0,4 / 0,5	2,5 / 3,0	100 / 100	500 / 400	70 / 30

*Примечание: Верхние значения для нитрид титана, нижние для нитрид циркония.*

Для исследования коррозионных свойств данных образцов и моделирования реальных условий, в которых будут эксплуатироваться импланты, с целью прогнозирования их надежности и долговечности после напыления, использовали метод АПИД (анодно-поляризационное инициирование дефектов).

Метод АПИД реализуется с помощью прибора ПККП. Этот прибор предназначен для сравнительной экспрессной оценки качества износостойкости покрытий в лабораторных и производственных условиях. Показателем качества служит интегральный параметр К. Он отражает совокупность физико-химических свойств покрытий, определяющих уровень износостойкости образца с покрытием; количественно характеризует сопротивление разрушению химически инертных покрытий при анодной поляризации участка покрытия в электролитах, содержащие агрессивные анионы. При этом воздействии происходит инициирование дефектов, и последующее локальное разрушение покрытия с оголением подложки [2].

Метод АПИД включает в себя нагружение, моделирующее нагрузки на покрытие в процессе эксплуатации и регистрацию реакции покрытия на данное нагружение. В этом методе использованы электрострикционные свойства существующей на поверхности покрытия окисной пленки. Для создания в окисной пленке электрического поля высокой напряженности, поверхность покрытия подвергают анодной поляризации в среде электролита (в нашем случае это слабощелочная среда). Среда электролита по своим химическим и физическим свойствам схожа со средой в полости рта человека.

В зависимости от конкретного сочетания когезионных свойств покрытия, напряженного состояния, толщины, адгезии электрострикционные напряжения приводят к отделению фрагментов покрытия с оголением участка подложки или же отделение может произойти внутри слоя покрытия.

При оголении подложки вступает в действие второй механизм разрушения покрытия. Он связан с наличием в износостойких покрытиях значительных остаточных напряжений сжатия и анодной растворимостью подложки. За счет растворения подложки под покрытием происходит ослабление связи покрытие — подложка и, в результате действия внутренних напряжений, дальнейшее разрушение покрытия.

Таким образом, анодная поляризация может служить методом инициирования основных дефектов износостойких вакуумно-плазменных покрытий.

Для количественной интегральной оценки качества покрытия используется интегральный параметр К:

$$K = (Q_0 - Q_1)/Q_0,$$

где  $Q_0$  — количество электричества прошедшее через электролитическую ячейку при поляризации поверхности образца без покрытия, Кл;

$Q_1$  — количество электричества, прошедшее через электролитическую ячейку при поляризации поверхности образца с покрытием, Кл.

Параметр  $K$  является безразмерным и нормированным. Высшее качество покрытия соответствует значению  $K=1$ , а низшее качество покрытия соответствует значению  $K=0$  [1].

Испытаниям подвергали образцы с монопокрытиями Ti+TiN и Zr+ZrN на сталь X18H9T.

*Таблица 2.*

**Характеристика качества нитридтитановых и нитридциркониевых покрытий**

Покрытие	$Q_0$ , Кл	$Q_{0\text{ ср.}}$ , Кл	$Q_1$ , Кл	$Q_{1\text{ ср.}}$ , Кл	$K$
TiN	503	475	390	403	0,15
	450		406		
	473		415		
ZrN	503	475	223	252	0,47
	450		267		
	473		265		

Таким образом, было установлено, что использование нитридциркониевых покрытий является одним из наиболее перспективных способов повышения износостойкости и коррозионных свойств имплантатов.

**Список литературы:**

1. Прибор контроля качества покрытий ПККП — 1К паспорт. / Самар. гос. техн. ун-т, 1997.
2. Способ определения прочности сцепления покрытия с основой / В. В. Стацура, В. В. Кудинов, Ю. А. Харламов, В. М. Зузлов. Оpubл. в Б. И., 1983.

# **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАДИЕНТА ПО ТОЛЩИНЕ РАСКАТА НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ, РАЗВИТИЕ И ДВИЖЕНИЕ ТРЕЩИН ПРИ ПРОКАТКЕ ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ**

*Салганик Виктор Матвеевич*

*д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский  
государственный технический университет им. Г. И. Носова»,  
г. Магнитогорск*

*Пустовойтов Денис Олегович*

*канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск*

*Артамонова Марина Олеговна*

*студентка 5 курса, ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г. И. Носова», г. Магнитогорск  
E-mail: [zlotka\\_29@mail.ru](mailto:zlotka_29@mail.ru)*

Листовой прокат является одним из основных видов продукции черной металлургии. Его выпускают в объеме десятков миллионов тонн ежегодно и используют при изготовлении металлических конструкций различного назначения. При производстве проката из микролегированных трубных сталей на станах горячей прокатки возможны потери металла, связанные с пораженностью готовых листов поверхностными дефектами в виде трещин [1].

Основной целью данной работы является прогнозирование возникновения, развития и движения трещин при горячей прокатке толстых листов.

Прокатка по продольной схеме осуществляется за три периода: протяжка (проход вдоль продольной оси сляба), разбивка ширины, при которой продольная ось сляба перпендикулярна оси прокатки, и дальнейшая прокатка вдоль до заданной толщины листа [2].

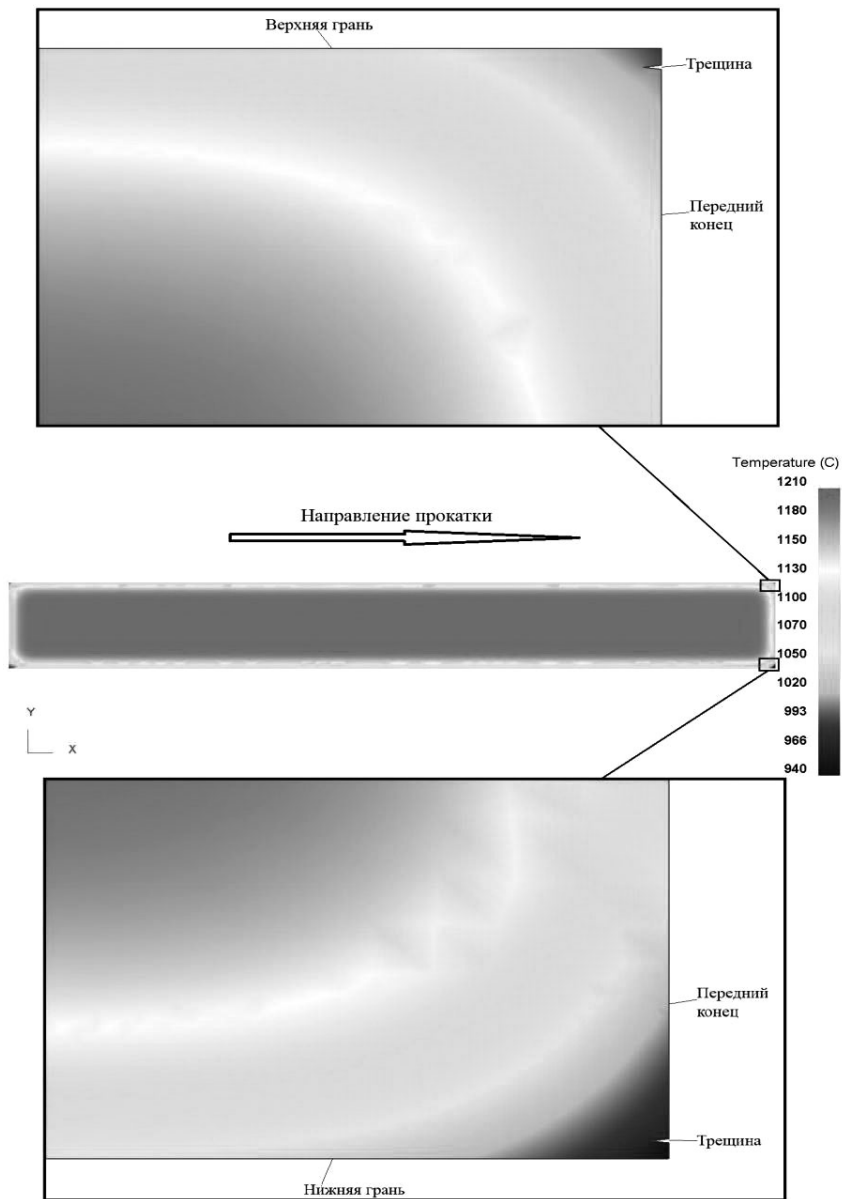
В работе выполнено моделирование процесса разбивки ширины при прокатке толстых листов на стане 5000 ОАО «ММК» из трещиночувствительных марок стали с применением программного комплекса Deform<sup>TM</sup> 2D.

В качестве исходных данных моделирования задавались параметры, соответствующие реальным условиям процесса прокатки: температура нагрева сляба, механические свойства материала сляба,

геометрические размеры сляба, угловая скорость вращения и диаметры рабочих валков, степень деформации за проход, время междеформационных пауз, условия трения, коэффициент теплоемкости, теплопроводности и черноты материала сляба, температура окружающей среды, коэффициент конвекции при обмене с окружающей средой.

Сляб под прокатку нагревают. К универсальной прокатной клетки кварто сляб транспортируется по рольгангу и поступает в клеть примерно через 60 с после выдачи из печи. Далее производится первый проход — протяжка с последующей кантовкой раската на  $90^\circ$ . За промежуток времени между выдачей сляба из печи и началом разбивки ширины, происходит охлаждение граней сляба, причем из-за взаимодействия с рольгангом нижняя грань охлаждается быстрее. Разница температур верхней и нижней граней раската перед разбивкой ширины может достигать  $30^\circ\text{C}$  (рис. 1).

Из рисунка 1 видно, что ребра раската охлаждаются быстрее, чем его грани. Это обстоятельство способствует возникновению трещин при прокатке. В работе моделировали продольные трещины на боковой грани (после кантовки она стала передним концом), образовавшиеся близ верхнего и нижнего ребер. Глубина трещин составляет 2 мм, ширина — 0,5 мм (рис. 1).



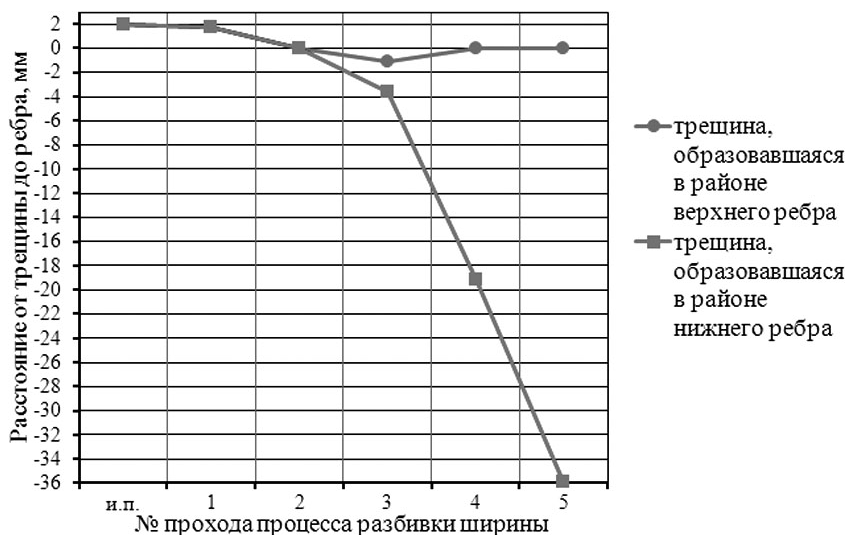
**Рисунок 1. Распределение температуры по сечению раската и начальное положение трещин.**



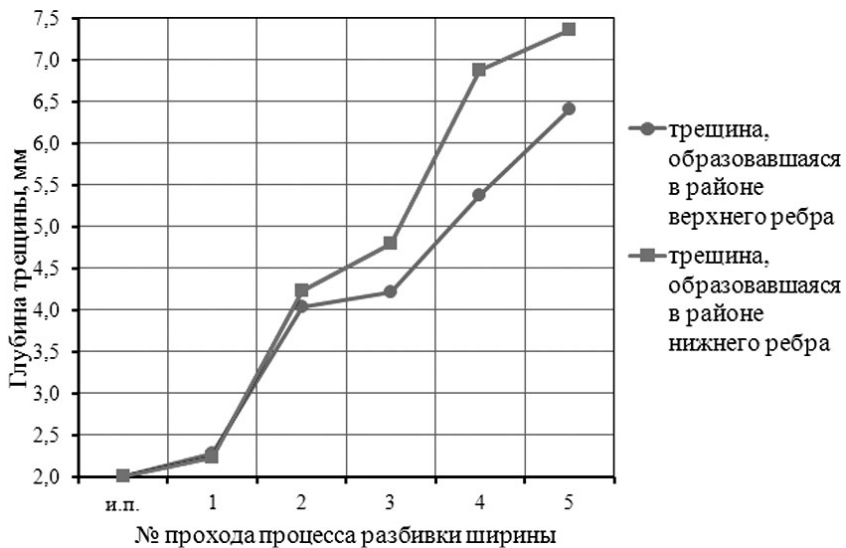
Проследим поведение трещин в процессе разбивки ширины.

В результате моделирования были получены зависимости перемещения трещины и ее глубины от порядкового номера прохода разбивки ширины (рис. 2—3). Положительные значения расстояния от трещины до ребра на рисунке 2 соответствуют положению трещины на переднем конце раската, а отрицательные - на верхней и нижней гранях раската.

Из рисунков 2—3 видно, что уже после второго прохода разбивки ширины происходит выход трещин на поверхности контакта металла с валком, трещины углубляются более чем в 2 раза. После третьего прохода разбивки ширины вследствие влияния градиента температуры по толщине раската трещина на нижней грани находится на расстоянии в 3 раза большем от ребра, чем трещина на верхней грани. В результате четвертого прохода разбивки ширины трещина на нижней грани располагается на расстоянии приблизительно 19 мм от переднего конца, трещина, расположенная на верхней грани, не смещается.

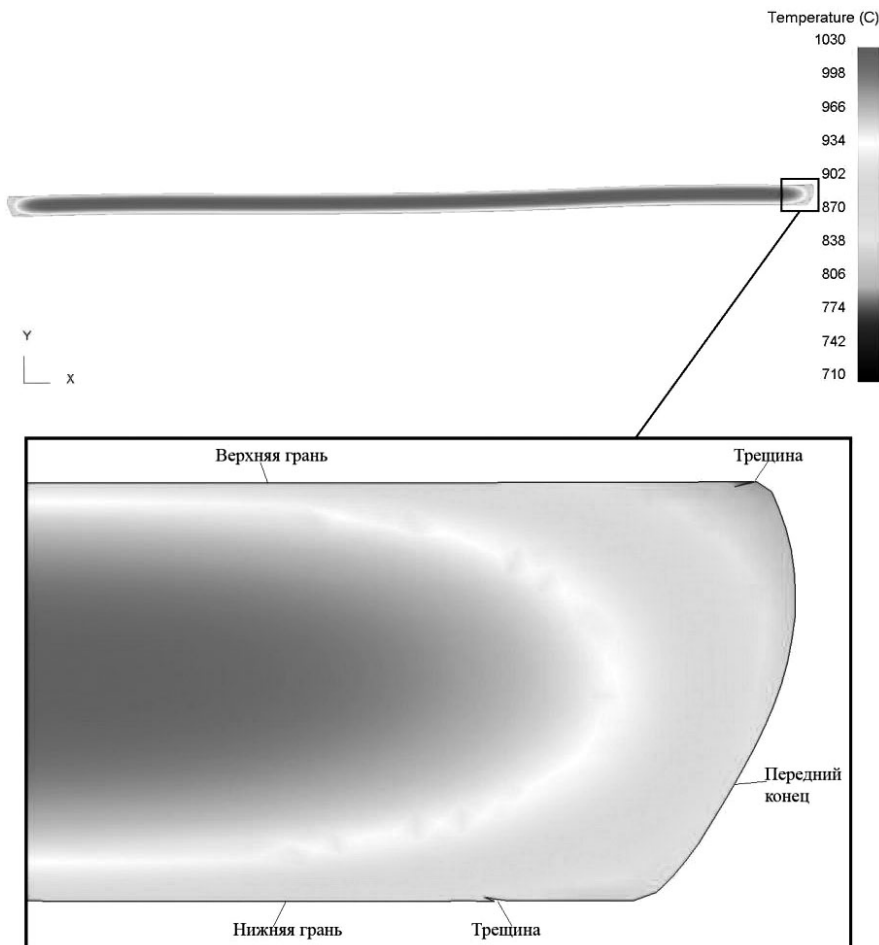


**Рисунок 2. Зависимость перемещения трещины от номера прохода разбивки ширины.**



**Рисунок 3. Зависимость глубины трещины от номера прохода разбивки ширины.**

После пятого прохода разбивки ширины, трещина на нижней грани находится на расстоянии более 35 мм от ребра раската, трещина на верхней грани остается на ребре (рис. 4).



**Рисунок 4. Положение трещин после пятого прохода разбивки ширины.**

В результате разбивки ширины глубина возникших трещин увеличивается примерно в 3 раза, трещины выходят на поверхности контакта металла с валком, смещаются от кромки раската, что требует значительного увеличения объемов боковой обрезки при отделке раската.

## **Выводы**

1. Температурный градиент по толщине раската играет существенную роль при возникновении и развитии поверхностных трещин, он способствует переходу дефектов, расположенных на боковых гранях раската, на поверхность контакта и продвижению трещин от кромки раската.

2. Разница температур верхней и нижней граней раската перед разбивкой ширины, достигающая 30°С, способствует наибольшему смещению трещин вглубь более холодной грани, что в значительной степени увеличивает боковую обрезь, необходимую для удаления дефекта.

3. Действующая схема прокатки не способна предотвратить развитие и движение трещин при прокатке, поэтому раскаты нуждаются в дополнительной зачистке трещин, что снижает выход годного.

4. Для повышения качества проката необходима разработка мероприятий по блокированию движения трещин.

## **Список литературы:**

1. Моделирование напряженно-деформированного состояния стальных листов при прокатке с учетом наличия и развития поверхностных трещин / В. М. Салганик, А. М. Песин, Д. Н. Чикишев и др. // Инновационные технологии обработки металлов давлением: Сб. докл. междунар. науч.-техн. конф. Москва, 18—20 октября, 2011 г. М.: Изд. Дом МИСиС, 2011, С. 255—264.
2. Сафьян М. М., Чернер М. И. Исследование закономерностей перехода боковых граней слябов на поверхности контакта при прокатке толстых листов // Обработка металлов давлением: Сб. науч. тр. М.: Металлургия, 1967. Вып. 53. С. 185—194.

## СЕКЦИЯ 7.

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

#### ТЕРМИЧЕСКИЙ КРЕКИНГ В ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКЕ — ЭТАПЫ СТАНОВЛЕНИЯ

*Ахмадова Хава Хамидовна*  
доцент, канд. техн. наук, профессор, ГГНТУ, г. Грозный  
E-mail: [hava9550@mail.ru](mailto:hava9550@mail.ru)

*Сыркин Алик Михайлович*  
профессор, канд. хим. наук, УГНТУ, г. Уфа  
E-mail: [Syrkinam@mail.ru](mailto:Syrkinam@mail.ru)

*Идрисова Элиза Усамовна*  
ассистент, ГГНТУ, г. Грозный  
E-mail: [idrisova999@mail.ru](mailto:idrisova999@mail.ru)

Термический крекинг в XX веке открыл эру химической переработки нефти. Это был первый процесс, позволивший увеличить выход светлых продуктов из нефти и получить сырье для зарождавшейся нефтехимической промышленности.

С начала промышленного внедрения в 1912 году и до середины XX в. основным назначением этого «знаменитого» в свое время процесса было получение из тяжелых нефтяных остатков дополнительного количества бензинов, обладающих, по сравнению с прямогонными, повышенной детонационной стойкостью.

За 100-летний период своего применения в нефтеперерабатывающей промышленности процесс термокрекинга постоянно совершенствовался, изменялся, подвергался постоянным реконструкциям и модернизациям.

В отечественной нефтепереработке процесс термического крекинга начал применяться лишь в 1928 г. Крекинговое производство, так бурно развивающееся в США и других странах, достигшее там значительных масштабов, в СССР долго встречало недостаточный интерес, хотя Россия была пионером в исследовании и развитии крекинг-процесса.

Россия имела приоритет на процесс термического крекинга еще в 1891 г., когда В. Г. Шухов и С. Гаврилов предложили к реализации проект первой в мире крекинг-установки.

Этому процессу в СССР стали уделять усиленное внимание лишь в 1927—1928 гг. в связи с накоплением в Грозном громадного количества высокозастывающего парафинистого мазута, которое необходимо было как-то утилизировать.

Отечественные установки термического крекинга в своем развитии прошли сложный путь, начиная от строительства первых зарубежных систем, различных их модернизаций, реконструкций, строительства усовершенствованных отечественных установок на основе системы крекинга Винклер-Коха и до различных современных отечественных установок в составе комбинированных промышленных комплексов.

В истории отечественных крекингов можно выделить следующие периоды их становления и развития [1, 2]:

1. Начальный период, который охватывает предвоенные годы становления и развития отечественного крекингостроения 1928—1940 гг. На НПЗ СССР в этот период было построено 63 установки термического крекинга.

2. Военный период — годы войны 1941—1945 гг. В этот период происходила эвакуация крекингов южной группы нефтеперерабатывающих заводов в восточные районы страны и на их основе создавались крекинг-заводы в Урало-Поволжье; в короткое время было закончено строительство крекингов, начатых строительством в довоенное время. Также в этот период были получены зарубежные крекинг-установки по программе ленд-лиза из США.

3. Послевоенный период (1945—1950-е годы). В эти годы происходит восстановление разрушенных и строительство новых нефтеперерабатывающих заводов, в том числе и крекинг-заводов.

В 1950-е годы проектным институтом Гипронефтезаводы была разработана новая система термического крекинга. На этот период в нефтеперерабатывающей промышленности СССР широко применялись два основных типа установок термического крекинга:

а) Установки двухпечного термического крекинга системы Нефтепроекта с внутренней змеевиковой обогреваемой реакционной секцией в трубчатых печах, служащие, как правило, для переработки мазутов, полумазутов и соляровых фракций;

б) Установки термического крекинга системы Гипронефтезавода с выносной необогреваемой реакционной камерой колонного типа, применяемые для переработки мазутов, гудронов и полугудронов.

в) 1960-е годы — переломные в истории термического крекинга. В эти годы ситуация в нефтепереработке существенно изменилась. Значительный рост добычи нефти позволял покрыть потребность в бензине только за счет прямогонных фракций, а каталитический риформинг обеспечивал существенное улучшение его качества. Непрерывно росло потребление котельного топлива, увеличивалось число действующих установок каталитического крекинга. Все это привело к падению

значения термического крекинга как основного вторичного процесса производства бензина. Установки термокрекинга демонтировались или переоборудовались для прямой перегонки нефти, подготовки сырья для процессов производства технического углерода и кокса.

д) Период 1970—1980-е годов характеризуется возрождением интереса к термическому крекингу, особенно к одной из его модификаций — висбрекингу (легкому крекингу), что было вызвано опережающим ростом потребности в светлых нефтепродуктах, усовершенствованием процесса и его простотой. При этом возросло значение висбрекинга гудрона как процесса, высвобождающего ресурсы вакуумного газойля для каталитической переработки [7].

е) В период 1990-е годы и по настоящее время разработаны, применяются и разрабатываются новые модификации термического крекинга тяжелых нефтяных остатков [3]:

- висбрекинг с восходящим потоком сырья в реакционных камерах, обеспечивающий увеличение объемной скорости подачи сырья и повышение производительности нагревательно-реакционной системы;

- комбинированный процесс висбрекинга с термическим крекингом, позволяющий получать товарное котельное топливо и до 30 % на сырье дизельных фракций;

- комбинированный процесс висбрекинга с вакуумной перегонкой, как исходного сырья, так и продуктов висбрекинга, и термическим крекингом вакуумных дистиллятов;

- висбрекинг и термический крекинг с применением нетрадиционных методов обработки и т. д.

Все указанные периоды становления и развития процесса термического крекинга можно разбить на соответствующие этапы, которые характеризовались определенными достижениями в технологии и технике крекинга. Каждый этап внедрения новой системы крекинга сопровождался ее последующим совершенствованием, модернизацией или соответствующей реконструкцией для достижения лучших результатов процесса.

Цели и назначение реконструкций, проведенных на крекинг-установках в СССР, начиная с 1928 г. и по настоящее время, в зависимости от намечаемых результатов были различными [11, 15].

Так, в начальный период становления процесса термического крекинга (1928—1940-е гг.) реконструкции были направлены [4]:

- на освоение и наладку первых зарубежных систем крекинга (Виккерса, Дженкинса, Винклер-Коха) с устранением крупных недоработок фирм-производителей в технологии и конструкции этих установок;

- на совершенствование и модернизацию отечественных опытно-промышленных установок крекинга. На опытно-промышленной

установке Шухова-Капелюшника «Советский крекинг» была осуществлена реконструкция с жидкофазного на парофазный крекинг с переводом ее впервые в мире на высокотемпературный риформинг с получением высокооктановых бензинов.

- на создание модернизированных систем отечественного крекинга на основе зарубежных систем крекинга системы Винклер-Коха;
- на отработку технологии и совершенствование конструкции аппаратов крекинг-установок отечественного двухпечного крекинга системы Нефтепроекта.

В годы войны в СССР были осуществлены реконструкции установок термического крекинга на бакинских, батумских и грозненских НПЗ с переводом на риформинг низкооктановых топлив для получения авиационных бензинов.

В послевоенные годы на советских НПЗ было реконструировано значительное количество крекинг-установок с переоборудованием для работы по схеме АТ — висбрекинг — риформинг и с реконструкцией для перевода на систему двухпечного крекинга мазута, на легкий крекинг гудронов.

В 1970-е годы из построенных в Советском Союзе с 1928 года 94 установок термического крекинга в работе находилось 81 установка, из которых в 1980-е годы 7 было демонтировано (Уфимский ордена Ленина нефтеперерабатывающий завод, Новоуфимский, Новокуйбышевский НПЗ, Грозненский НПЗ им. Ленина) [1, 2]; — 9 практически необратимо переоборудованы для атмосферной перегонки нефти (Уфимский, Новоярославский, Кременчугский, Салаватский, Уфимский им XXII съезда КПСС, Херсонский).

Таким образом, в конце 1980-х годов на нефтеперерабатывающих заводах отрасли в эксплуатации находились 62 установки термического крекинга (в том числе 15 импортных), из которых работали по схеме [2, 4]:

- 13 установок по схеме АТ–ТК — прямая перегонка и термический крекинг (Московский, Куйбышевский, Ухтинский, Краснодарский, Саратовский, Хабаровский, Гурьевский);
- 9 установок использовались для крекинга дистиллятного сырья, из них 7 — с целью получения сажевого сырья и 2 — с целью получения крекинга — остатка для производства электродного кокса;
- 3 установки использовались для термического риформинга бензина.

Одна установка термического крекинга и 2 установки висбрекинга в комбинированном блоке ГК-3 бездействовали.

Остальные установки использовались по прямому назначению для крекинга тяжелого нефтяного сырья.



Все установки термокрекинга на НПЗ отрасли были двухпечные, за исключением установок на Хабаровском, Дрогобычевском НПЗ и установок риформинга.

Таким образом, на начало 1990-х годов нефтеперерабатывающая отрасль СССР располагала большим числом установок термического крекинга (65) на 32 нефтеперерабатывающих заводах.

В конце 1990-х — начале 2000-х годов был полностью разрушен и демонтирован весь комплекс установок термокрекинга в Грозном (№№ 1—2, 3—4, 5—6, 7—8, 9—10, 11—12, 15—16).

В настоящее время отечественная нефтеперерабатывающая промышленность располагает еще достаточно значительной мощностью установок термического крекинга, и от того, насколько рационально они будут использованы, в определенной степени зависит решение ближайших задач в области углубления переработки нефти и повышения эффективности работы современных НПЗ.

Процесс термического крекинга, который принято сегодня считать устаревшим и неэффективным, игнорируется совершенно незаслуженно. Современные достижения делают процесс термического крекинга в сочетании с другими термическими процессами экономически и технологически конкурентоспособным и привлекательным.

Обзор современных деструктивных термических процессов, применяемых для увеличения глубины переработки, — и анализ литературных источников показывают, что в этом направлении проводятся интересные и перспективные исследования, которые являются убедительным доказательством того, что термокрекинг может и должен быть эффективной технологией и XXI века [5—14, 17].

### **Список литературы:**

1. Ахмадова Х. Х., Сыркин А. М., Мусаева М. А., Абдулмежидова З. А. Первые этапы развития процесса термокрекинга в СССР (тезисы) Материалы международной научно-практической конференции 14—15 мая 2008 г. «Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук». Вып.3.— Уфа, 2008. — С. 451—453.
2. Ахмадова Х. Х., Сыркин А. М., Мусаева М. А., Абдулмежидова З. А. Четвертый, пятый и шестой этапы развития процесса термокрекинга. Материалы международной научно-практической конференции 14—15 мая 2008 г. «Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук». Вып.3. — Уфа, 2008. — С. 453—456.
3. Ахмадова Х. Х., Сыркин А. М., Махмудова Л. Ш. Становление и развитие процесса висбрекинга тяжелого нефтяного сырья. — М.: Химия, 2008. — 207 с.
4. Ахмадова Х. Х., Сыркин А. М. Развитие, реконструкция и модернизация установок термического крекинга в предвоенные годы в СССР //Химическая техника. — 2010. — № 10 — Стр. 42—45.

5. Ахмадова Х. Х., Турлуев Р. А-В., Хадисова Ж. Т., Сыркин А. М. Процесс висбрекинга в составе систем глубокой переработки нефти // VII Конгресс нефтегазопромышленников России. Материалы международной научно-практической конференции «Нефтегазопереработка и нефтехимия — 2007. — Уфа, 2007. — С. 72—74.
6. Ахмадова Х. Х., Абдулмежидова З. А., Сыркин А. М. Низкотемпературный висбрекинг по технологии ГрозНИИ // VII Конгресс нефтегазопромышленников России. Материалы международной научно-практической конференции «Нефтегазопереработка и нефтехимия — 2007. — Уфа, 2007. — С. 74 — 75.
7. Варфоломеев Д. Ф., Фрязинов В. В., Валявин Г. Г. Висбрекинг нефтяных остатков // Переработка нефти: Тем. обзор. / М.: ЦНИИТ Энефтехим, 1982. — 52 с.
8. Везилов Р. Р., Обухова С. А., Теляшев Э. Г. Новая жизнь термических процессов // Химия и технология топлив и масел. - 2006. - № 2. - С. 5—9.
9. Везилов Р. Р., Обухова С. А., Везирова Н. Р., Султанов Т. Х. Повышение эффективности процесса замедленного коксования с помощью процесса висбрекинга // Химия и технология топлив и масел. — 2009. — № 2. — С. 5—6.
10. Курочкин А. К. НДС и ультразвук // Матер. 2-го Междун. симпозиума «Наука и технология углеводородных дисперсных систем», Уфа, 2-5 окт. 2000, Науч. тр. Т. 1, Уфа, 2000, С. 31 — 32.
11. Пивоварова Н. А., Туманян Б. П., Белинский Б. И. Висбрекинг нефтяного сырья. — М.: Техника. — 2002. — 64 с.
12. Такаева М. А., Мусаева М. А., Ахмадова Х. Х. Интенсификация процессов подготовки и переработки грозненских нефтей и тяжелого углеводородного сырья под действием магнитного поля // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». — 2011. — № 3. — С. 223—230. — URL:- [http://www.ogbus.ru/authors/Takaeva/Takaeva\\_2.pdf](http://www.ogbus.ru/authors/Takaeva/Takaeva_2.pdf)
13. Таушев В. В., Валявин Г. Г., Усманов Р. М. Глубокий висбрекинг тяжелых нефтяных остатков // Химия и технология топлив и масел. — 1998. — № 3.— С. 15—16.
14. Теляшев И. Р., Давлетшин Л. Р., Везилов Р. Р. Исследование превращений нефтяных остатков при ультразвуковой обработке // Сб. Материалы 47-й НТК студентов, аспирантов и молодых ученых. Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа, 1996, т. 1.
15. Хаджиев С. Н., Кадиев Х. М., Зюба Б. И. Перспективы развития процесса висбрекинга // Термодеструктивные процессы глубокой переработки нефтяных остатков. - Труды ГрозНИИ. — Вып. 41. — М. — 1987. — С. 13
16. Хайрудинов И. Р., Ишкильдин А. Ф., Максименко М. М. Термический крекинг и новые резервы углубления переработки нефти. — УГНТУ, 1995. — С. 54.
17. Ханикян В. Л. Окислительное инициирование низкотемпературной переработки остаточных нефтяных фракций. Автореферат дис. на соискание канд. хим. наук. — М. — 2007 — С. 25.

# МОДИФИКАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ СОЗДАНИЕ СОРБЕНТОВ С ВЫСОКОЙ УДЕЛЬНОЙ НЕФТЕЕМКОСТЬЮ

***Панкеев Виталий Васильевич***

*аспирант, Энгельский технологический институт (филиал) СГТУ  
им. Гагарина Ю. А., г. Энгельс  
E-mail: [Vitpankeev@yandex.ru](mailto:Vitpankeev@yandex.ru)*

***Панова Лидия Григорьевна***

*д-р хим. наук, профессор, Энгельский технологический институт  
(филиал) СГТУ им. Гагарина Ю. А., г. Энгельс*

***Свешникова Елена Станиславовна***

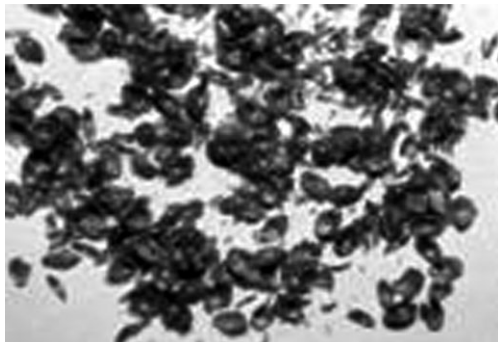
*канд. техн. наук, доцент, Энгельский технологический институт  
(филиал) СГТУ им. Гагарина Ю. А., г. Энгельс  
E-mail: [xt@techn.sstu.ru](mailto:xt@techn.sstu.ru)*

Для производства нефтяных сорбентов используют большое количество материалов как органического, так и неорганического происхождения. [1, 2 5, 6, 7], таких, например, как гранулированные и порошкообразные угли, а также углеродные волокна.

Исходным сырьем для производства активных углей может служить практически любой углеродсодержащий материал: древесина, полимеры, отходы пищевой, целлюлозно-бумажной и сельскохозяйственной отраслей промышленности.

Сбор зерновых культур, в частности проса, на территории РФ в период с 2004—2010 гг. составил 7557 тыс. т. [3], при этом выход отходов при обмолоте — 15,5 %.

В качестве объекта исследования выбрана оболочка, полученная при обмолоте проса (ООП). По данным световой микроскопии частицы ООП имеют лепесткообразную форму со средними размерами: длина — 3—4 мм, толщина — 0,1 мм, насыпная плотность их составляет 187 кг/м<sup>3</sup> (рис. 1).



***Рисунок 1. Исходные отходы обмолота проса.***

По химическому составу ООП представляют собой полисахариды с гликозидными связями, включают 14—25 % воды и незначительное количество минеральных веществ.

Методом ситового анализа показано, что более 60% составляют частицы ООП размером 600 мкм, но имеются частицы размером как менее 100 мкм, так и более 600 мкм.

Для увеличения площади поверхности ООП измельчались в шаровой мельнице при 120 об/мин. При этом насыпная плотность образцов повысилась с 187 до 350 кг/м<sup>3</sup>, геометрические размеры уменьшились в 10 раз, что приводило к удвоению (с 0,25 до 0,46 м<sup>2</sup>/г) площади поверхности (табл. 1), но при этом не изменились радиус и размер пор. Вместе с тем, анализ сорбционных свойств (табл. 1), показал, что отсутствие сорбционной способности характерно как для неизмельченных, так и для измельченных образцов исходных ООП.

Для достижения более развитой поверхности повышали пористость сорбента, проводили термообработку ООП, изменяя температуру от 200 до 400 °С.

Анализом спектров термообработанных ООП показано, что при воздействии температуры 200 и 250°С не происходит существенных изменений в структуре и составе образцов (рис. 2, кривые 2, 3). При более высоких температурах происходит разрушение макромолекулы по гликозидным связям, что подтверждается отсутствием полос поглощения гликозидной связи (1060 см<sup>-1</sup>) и увеличением пика колебаний СН<sub>2</sub> группы (2853 см<sup>-1</sup>), см. рис. 2 кривая 4.

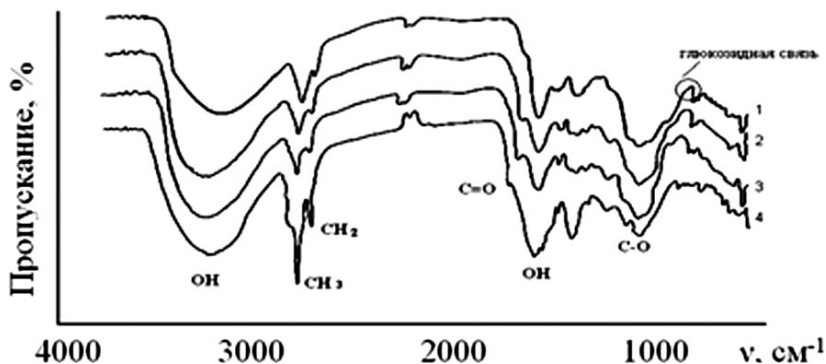


Рисунок 2. Данные ИКС ООП:

1 — ООП исходные; 2, 3, 4 — ООП термообработанные при температурах:

2 — 190 °С — 90 мин; 3 — 250 °С — 90 мин; 4 — 400 °С — 5 мин.

В составе продуктов пиролиза содержится 31 % — газов, основными из которых являются: оксид и диоксид углерода, 31 % — жидкости, 33 % — твердого остатка, 6 % — потери.

Так как после термообработки в термопечи выход продукта составлял всего 20—25 %, проводили модификацию ООП тетрафторборатом аммония (ТФБА), влияющим на процессы структурирования полимера при воздействии на него повышенных температур (табл. 1.), обеспечивающую повышение выхода готового продукта до 60 %, а также сорбционной способности.

Таблица 1

Влияние температуры термообработки на структурные показатели и сорбционную емкость ООП.

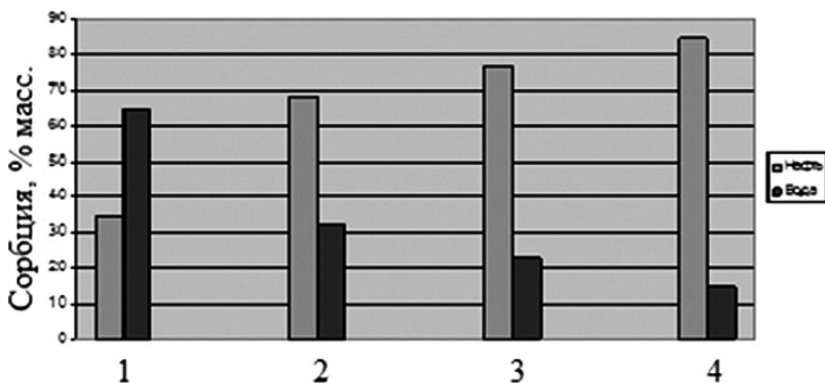
Образец	Площадь поверхности, м <sup>2</sup> /г	Объем пор, см <sup>3</sup> /г	Радиус пор, А	Сорбционная емкость, г/г
ООП исходные	0,25	0,001	25	0,2
ООП измельченные	0,46	0,001	25	0,4
ООП+ТФБА 250 <sup>0</sup> С	6,70	0,02	15	0,5
ООП+ТФБА 350 <sup>0</sup> С	77,00	0,74	80	5,5
ООП+ТФБА 400 <sup>0</sup> С	0,20	0,004	479	1,7
ООП+ТФБА 450 <sup>0</sup> С	0,04	0,001	485	не сорбируют
ООП+ТФБА 500 <sup>0</sup> С	0,02	0,001	459	не сорбируют

Как показали исследования, наибольшей сорбционной способностью по нефти и нефтепродуктам обладают образцы, термообработанные при 350°C.

Это можно объяснить тем, что, исходя из данных порометрии, большие объем пор и площадь поверхности (табл. 1), достигаются именно при температуре термообработки 350°C. При более высоких температурах, видимо, протекают процессы деструкции, приводящие к уменьшению размеров частиц и изменению их структуры. В этом случае существенно меньше становятся площадь поверхности и объем пор, и значительно увеличивается (с 15—80 до 459—479 А) радиус пор (табл. 1). Как известно, размер молекулы нефти составляет от 40 до 100 А [4], поэтому большой размер пор сорбента снижает нефтеемкость, в результате протекающего, одновременно с сорбцией, процесса десорбции.

При оценке эффективности сорбентов обычно руководствуются тремя критериями: нефтеемкостью, влагоемкостью и плавучестью, определяемыми согласно ТУ 214-10942238-03-95.

Поэтому оценена способность сорбента к избирательной сорбции воды и нефти (рис. 3). В емкостях с одинаковым объемом воды, но с различным содержанием нефти (от 0,85 до 3,5 г), количество сорбента было постоянным и составляло — 1 г., время опыта — 300 с.



**Рисунок 3. Зависимость сорбционной емкости от содержания нефти:**

**1 — 0,85 г.; 2 — 1,7 г.; 3 — 2,55 г.; 4 — 3,5 г.**

Из результатов следует, что сорбция нефти протекает с большей скоростью, в сравнении с сорбцией воды, что позволяет рекомендовать сорбент особенно для очистки больших разливов нефти и нефтепродуктов.

Замечено, что после выдержки нефти на поверхности воды в течении 14 суток, сорбционная емкость снижается до 3,5 гр/гр, вместе с тем увеличивается с 85 до 95 % избирательная сорбция по нефти. Происходит повышение вязкости нефти с 3,8 до 10,7 Па·с, предположительно, в результате дегазации и испарения легких фракций.

Отработанные сорбенты могут быть использованы в строительстве, для производства асфальтобетона и топливных брикетов.

### **Список литературы:**

1. Болтренас П. Б., Вайшис В. И., Бабелите И.А. Натуральное сырье для производства сорбента нефтепродуктов // Экология и промышленность России, май 2004 г. С. 36—39
2. Долгих О. Г., Овчаров С. Н. Получение нефтесорбентов карбонизацией лузги подсолнечника // Экология и промышленность России, ноябрь 2009 г. С. 4—7
3. Панкеев В. В., Свешникова Е. С., Володченко О. А., Никифоров А. В., Панова Л. Г. Создание углеродных наполнителей для полимерных материалов на основе отходов обмолота сельскохозяйственных культур. Системы автоматического проектирования и автоматизация производства: сборник научных трудов по материалам 1 региональной научно-технической конференции — Саратов: СГТУ, 2009 г., С. 133—137. ISBN 978-5-7433-2155-1
4. Сафиева Р. З. Химия нефти и газа. Нефтяные дисперсные системы: состав и свойства. Москва: РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина. 2004 г. 109 с.
5. Согбайда Н. А., Ольшанская Л. Н., Кутунова К. Н., Манарова Ю. А. Использование отходов производства в качестве сорбентов нефтепродуктов // Экология и промышленность России, январь 2009 г. С. 36—38
6. Хлёткин Р. Н., Самойлов Н. А. О ликвидации разливов нефти при помощи растительных отходов // Нефтяное хозяйство. 2000 г. № 7. С. 84—85
7. Цепакин М. Б., Мишулин Г. М., Гафаров И. Г. Экосорбент как продукт управления ресурсами региона // Экология и промышленность России. 2001 г. № 12. С. 20—25

## СЕКЦИЯ 8.

# ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

## НОВЫЙ ВИД МЯСНОГО ХЛЕБА

*Прокопец Жанна Георгиевна*

*канд. техн. наук, доцент ДВФУ, г. Владивосток*

*E-mail: [janet\\_prokopets@mail.ru](mailto:janet_prokopets@mail.ru)*

*Журавлева Светлана Валерьевна*

*канд. техн. наук, ДВФУ, г. Владивосток*

*E-mail: [zhursvet@mail.ru](mailto:zhursvet@mail.ru)*

Мясо и мясные продукты служат одним из основных источников полноценных белков. По мнению диетологов, в ежедневном рационе человека должно быть не менее 50 % белков животного происхождения, как носителей незаменимых аминокислот. Однако, традиционные мясные продукты, как правило, содержат значительное количество насыщенных животных жиров, а в качестве структурообразователя производители используют соевые изоляты и концентраты, чаще всего генномодифицированные.

Основной задачей государственной политики в области здорового питания населения РФ, является создание продуктов предназначенных для широкого круга потребителей, обладающих тремя основными свойствами: пищевой ценностью, вкусовыми качествами и физиологическим воздействием, т. е. функциональных продуктов [1].

К группе функциональных мясных продуктов относятся изделия, в компонентный состав которых входят живые микроорганизмы, олигосахариды и другие бифидогенные компоненты; антиоксиданты; полиненасыщенные жирные кислоты; пищевые волокна; растительные добавки; минеральные вещества и др. Все эти вещества необходимо включать в рецептуры при разработке новых видов мясной продукции [2, 3].

Проведенные нами маркетинговые исследования показали, что наибольшим спросом у населения продолжают пользоваться сосисочно-колбасные изделия (78 % опрошенных), замороженные и готовые мясные полуфабрикаты предпочитают 15 %, сыровяленые и сырокопченые деликатесы регулярно покупают лишь 5 % населения, 2 % опрошенных



покупают только охлажденное мясо. Таким образом, сектор недорогих формованных продуктов по-прежнему лидирует по объемам продаж.

Среди пищевых факторов, имеющих особое значение для здоровья человека, важнейшая роль принадлежит пищевым волокнам. Пищевые волокна относятся к незаменимым веществам пищи. Они абсолютно необходимы для нормального осуществления обмена веществ, надежного обеспечения всех жизненных функций. Бурное развитие производства рафинированных продуктов привело к значительному уменьшению (в 2—3 раза) количества пищевых волокон в рационе питания. По данным ФАО/ВОЗ низкое потребление пищевых волокон наблюдается практически во всех странах мира: в среднем человек получает их с пищей не более 10—15 г/сут, вместо необходимых 30—35 г/сут [4].

Источниками пищевых волокон служат различные злаковые культуры, фрукты, овощи и другие растительные объекты. В рационе современного человека наблюдается дефицит данных продуктов питания и, соответственно, дефицит пищевых волокон. В связи с этим возникает необходимость дополнительного введения пищевых волокон в готовые продукты питания, предназначенные для широкого потребления.

Одним из таких источников являются пшеничные отруби. Они содержат 45—47 % непосредственно пищевых волокон (ПВ), в том числе клетчатку, гемицеллюлозы, пектиновые вещества и лигнин. Отруби используются для обогащения мучных, мясных и других продуктов питания. Возможность введения в мясные фаршевые системы концентратов пищевых волокон пшеничных отрубей и препаратов метилцеллюлозы показана в работах Винниковой, Бухтеевой [5, 6].

Пшеничные отруби широко используются в производстве хлебобулочных и кондитерских изделий, известны работы по включению концентрата ПВ пшеничных отрубей в мясные фаршевые продукты [7, 8].

Однако, несмотря на достаточно широкие исследования в этой области, на Российском рынке практически отсутствуют мясные продукты с растительными полисахаридами. Производители пользуются в основном зарубежными рецептурами, основанными на повсеместном применении соевого белка в качестве структурообразователя и наполнителя. Таким образом, вместо мясного продукта покупателю предлагают соевый суррогат, зачастую генномодифицированный, по цене мяса. Проблема перехода отечественной мясной отрасли на выпуск доброкачественных и полезных для здоровья продуктов требует незамедлительного решения.

Именно эти важнейшие задачи нашли свое отражение в нашей оригинальной технологии «Мясного хлеба». В разработанной нами рецептуре мясного хлеба используется говядина и свинина, не ниже 1

сорта и свиной шпик, который частично замещается пшеничными отрубями. Применение последних позволяет решить функционально-технологические задачи, снизить себестоимость и энергетическую ценность готовых продуктов.

В предварительных исследованиях нами установлено, что наиболее рациональным является введение пшеничных отрубей в количестве 10 % к массе основного мясного сырья. Это позволяет снизить потери после термической обработки продукта на 30 % за счет увеличения на 20 % влагоудерживающей способности фаршевой системы.

Технологическая схема производства «Мясного хлеба» включает следующие основные операции: прием мясного сырья, его разделку, обвалку, жиловку, измельчение и посол. Далее следует приготовление фарша, формование хлебов, их термическая обработка (обжарка или запекание), охлаждение, упаковывание, маркирование, хранение.

В таблице 1 представлены показатели пищевой и энергетической ценности контрольного образца мясного хлеба (ТУ 9213-001-18903582-2003) и мясного хлеба, обогащенного пшеничными отрубями.

**Таблица 1**

**Пищевая и энергетическая ценность мясного хлеба**

Продукт	Содержание в 100 г продукта													Энергетическая ценность, ккал в 100 г продукта			
	белки, г		жиры, г		углеводы, г				минеральные вещества, мг				витамины, мг				
	общее кол-во	в т.ч. животные	общее кол-во	в т.ч. растит.	общее количество	моно- и ди-	крахмал	клетчатка	кальций	фосфор	магний	железо	В <sub>1</sub>		В <sub>2</sub>	РР	С
Контрольный образец	12,6	12,6	34,6	0	2,1	2,1	0	0	51,95	151,95	20,35	47,71	0,129	0,164	2,61	0,16	370,53
«Мясной хлеб» (10 % отрубей)	13,0	11,2	31,9	0,1	2,5	2,2	0,3	1,1	55,64	175,31	31,55	48,06	0,148	0,171	2,87	0,16	349,43

Введение в рецептуру продукта пшеничных отрубей незначительно увеличивает общее количество белка и заметно снижает содержание жира. В новом продукте присутствуют крахмал и пищевые волокна, что выгодно отличает его от контрольного образца. По содержанию минеральных веществ и витаминов продукт с отрубями превосходит контрольный в среднем на 10 %. Энергетическая ценность нового продукта ниже на 6 % за счет частичной замены свиного шпика отрубями.

Благодаря введению пищевых волокон, повышается выход мясопродуктов, улучшается консистенция, готовый продукт обогащается необходимыми балластными веществами, его вкус и аромат становятся более выраженными.

### **Список литературы:**

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25 октября 2010 г. № 1873-р
2. Бойцова, Т. М. Прокопец Ж. Г. Журавлева С. В. Научные основы технологии сбалансированного питания — Находка.: Институт технологии и бизнеса, 2008. — 78 с.
3. Кочеткова А. А. Функциональные продукты // Переработка и хранение сельхозсырья, 1999. — № 3. — С. 4 — 5.
4. Дудкин, М. С., Черно Н. К. Пищевые волокна. — Киев.: Урожай, 1988. — 152 с.
5. Винникова, Л. Г. Научные основы технологий белоксодержащих продуктов целевого назначения с повышенным содержанием пищевых волокон. / Дисс... на соиск. уч. степени д.т.н.. — М: Моск. институт прикладной биотехнологии, 1992. — 273 с.
6. Бухтеева Ю. М. Разработка рецептур и технологии быстрозамороженных мясных рубленых полуфабрикатов с использованием метилцеллюлозы. Дисс. канд. техн. наук. — М., 1991. — 128 с.
7. Петраж, И. П., Ярошенко П. А., Крамынина А. А. Новые сорта хлебобулочных изделий диетического назначения // Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1985. № 11. С. 28—29.
8. Турцевич, Л. Ф., Ботвинник Е. Г. Приготовление низкокалорийных изделий // Хлебопекарная и кондитерская промышленность, 1985. № 2. — С. 12.

# **ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕРМО – ВЛАЖНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ВАКУУМНОЙ УПАКОВКОЙ В ПОЛИМЕРНУЮ ПЛЕНКУ НА ФОРМЫ СВЯЗИ ВЛАГИ В КОРНЕПЛОДАХ МОРКОВИ, СВЕКЛЫ И ЛУКА**

*Родионова Наталья Сергеевна*

*д-р техн. наук, проф. ВГУИТ, г. Воронеж*

*Попов Евгений Сергеевич*

*канд. техн. наук, доцент ВГУИТ, г. Воронеж*

*Де-Союза Леонард*

*аспирант, ВГУИТ, г. Воронеж*

*E-mail: [e\\_s\\_popov@mail.ru](mailto:e_s_popov@mail.ru)*

В настоящее время одной из приоритетных задач развития индустрии общественного питания является совершенствование процессов тепловой кулинарной обработки сырья. Этот вопрос является актуальным в связи с тем, что традиционная тепловая кулинарная обработка сопровождается существенными потерями массы полуфабрикатов и готовой продукции.

В настоящее время одним из перспективных направлений развития пищевой промышленности является применение комплексной технологии обработки пищевых продуктов, предварительно упакованных в вакуумные полимерные пакеты, с последующей термо-влажностной обработкой.

Применение данной технологии позволяет сохранять витамины, белки, углеводы, жиры, макро– и микроэлементы сырья в неизменном состоянии, а также предохраняет пищу от органолептических изменений, происходящих при традиционной тепловой обработке с сохранением цвета, запаха, вкуса пищевого продукта и гарантированной гигиенической безопасностью при увеличении сроков хранения [1, 2].

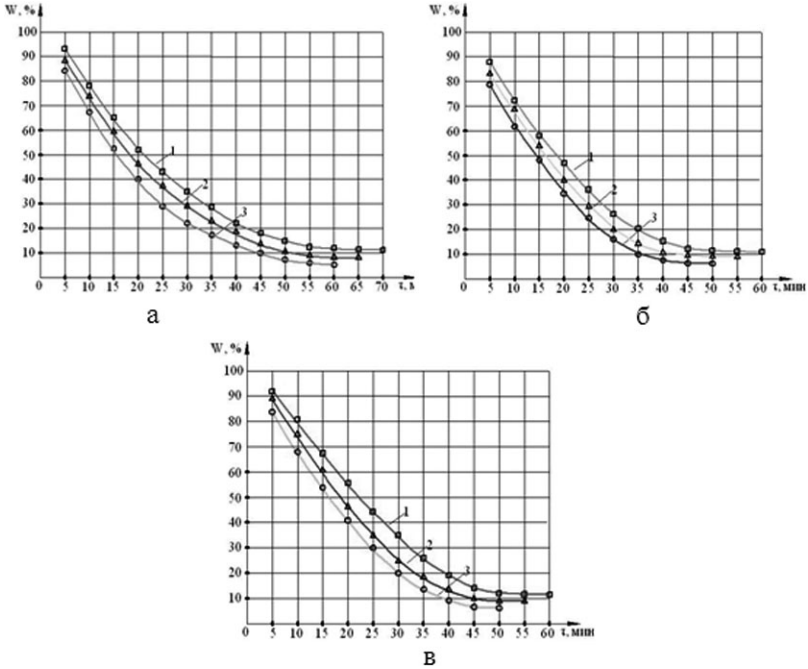
В качестве объекта исследования были выбраны полуфабрикаты из моркови, свеклы и лука, являющиеся одними из массовых продуктов питания человека и содержащие в своем составе широкий спектр витаминов, минеральных веществ, макро– и микроэлементов. Корнеплоды моркови, свеклы и лука используются в пищу в сыром и вареном виде для приготовления первых и вторых блюд, маринадов,

соусов, бульонов, консервов. Целью исследований являлось определение влияния режимов данной технологии на формы связи влаги в объектах исследования. Изменение состояния влаги в продукте оказывает определенное влияние на физико-химические, органолептические показатели изделий, их хранимоспособность.

Исследуемые образцы, нарезанные кубиками с размером боковой грани  $0,5 \times 0,5$  см, подвергались предварительной вакуумной упаковке в полимерные пакеты с последующей тепловой кулинарной обработкой, которую проводили в диапазоне температур  $333 \dots 373$  К. Влагосодержание теплоносителя поддерживалось равным 100 %. В образцах продукта контролировали степень кулинарной готовности, которая определялась достижением требуемой консистенции готового продукта. В качестве контроля исследовали образцы моркови, свеклы и лука, приготовленные традиционным способом (варка). Количественные и качественные исследования форм связи влаги в продуктах изучали на основании экспериментальных кривых сушки.

В полученных, по исследуемой технологии, полуфабрикатах изучали динамику изменения влажности на влагомере FD — 610 «КЕТТ» (Япония) с интервалом 5 мин. На рис. 1 представлены экспериментально установленные кривые сушки исследуемых образцов.

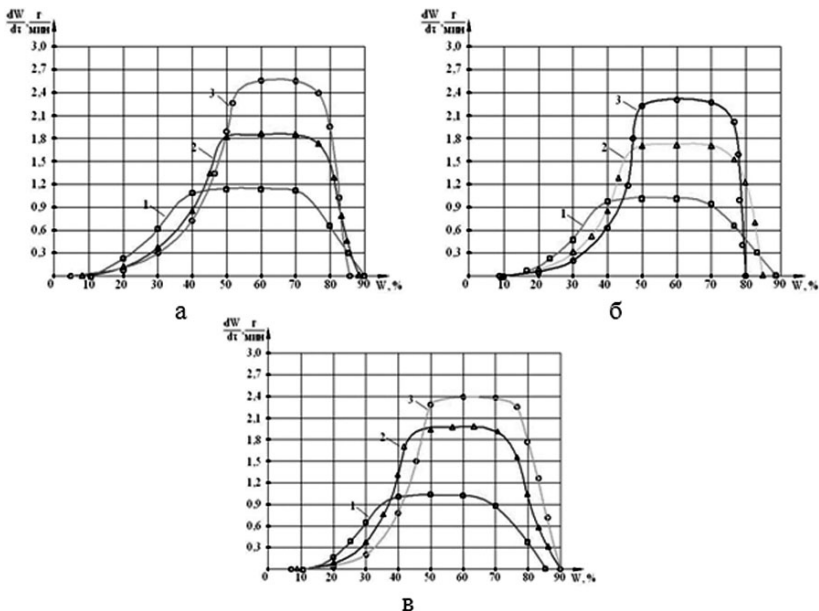
Исходя из анализа представленных зависимостей следует, что продолжительность процесса сушки образцов, обработанных в упаковке, имеет меньшие численные значения по сравнению с образцами, обработанными традиционным способом. Продолжительность процесса сушки для упакованных образцов составляет: 65 (при 373 К) — 70 мин (при 333 К) — для образцов свеклы; 55 (при 373 К) — 60 мин (при 333 К) — для образцов моркови и лука. Продолжительность процесса сушки для образцов, обработанных традиционным способом, составляет: 60 мин — для образцов свеклы; 50 мин — для образцов моркови и лука.



**Рисунок 1** Кривые сушки исследуемых образцов (а — свеклы; б — моркови; в — лука) обработанных при различных температурных режимах: 1 — 333 К, 2 — 373 К, 3 — обработка традиционным способом

Различие в значениях продолжительности процесса сушки упакованных образцов и образцов, обработанных традиционным способом, объясняется различием в значениях влагосодержания, достигнутых по истечении тепловой обработки, которые определяются величиной технологических потерь. Потери массы исследуемых упакованных образцов зависят от режимных параметров тепловой обработки и составляют: для свеклы 8,5...23,0 %; для моркови 6,5...19,0 %; для лука 11,5...26,0 %. Потери массы при обработке традиционным способом составляют: для свеклы 27,0 %; для моркови 25,0 %; для лука 29,0 %.

В ходе экспериментальных исследований также были получены зависимости скорости сушки исследуемых образцов, представленные на рис. 2.



**Рисунок 2** Кривые скорости сушки исследуемых образцов (а — свеклы; б — моркови; в — лука) обработанных при различных температурных режимах: 1 — 333 К, 2 — 373 К, 3 — обработка традиционным способом

При анализе графических зависимостей было выявлено, что имеют место три стадии процесса: возрастающей (прогрев), постоянной и убывающей скоростей сушки в следующих временных диапазонах протекания процесса: для упакованных образцов свеклы — 11,0...13,0; 19,0...24,0; 33,0...35,0 мин; для упакованных образцов моркови — 13,0...17,0; 17,0...20,0; 23,0...25,0 мин; для упакованных образцов лука — 15,0...17,0; 19,0...21,0; 21,0...22,0 мин.

Было установлено, что наличие полимерной упаковки, а также характеристики теплоносителя в рабочей камере аппарата оказывают существенное влияние на переход свободной влаги в связанное состояние. Скорость сушки меняется в следующих диапазонах: от 1,16 до 1,85 %/мин (333 К; 373 К) — для упакованных образцов свеклы; от 1,05 до 1,74 %/мин (333 К; 373 К) — для упакованных образцов моркови; от 1,02 до 1,97 %/мин (333 К; 373 К) — для упакованных образцов лука. При этом скорость процесса сушки при обработке традиционным способом составляет 2,57 %/мин — для образцов

свеклы; 2,33 %/мин — для образцов моркови; 2,40 %/мин — для образцов лука.

Из анализа полученных данных следует, что скорость процесса сушки упакованных образцов ниже соответствующих значений, достигаемых при обработке традиционным способом: в 1,38...2,21 раза – для образцов свеклы; в 1,33...2,21 раза – для образцов моркови; в 1,21...2,35 раза — для образцов лука.

Полученные данные свидетельствуют о том, что применение низкотемпературной термо-влажностной обработки исследуемых образцов с предварительной вакуумной упаковкой способствует сокращению количества свободной влаги с одновременным увеличением связанной влаги. Данное обстоятельство способствует обеспечению лучшей консистенции готового продукта, увеличению хранимоспособности, а также уменьшению технологических потерь и увеличению выхода полуфабрикатов.

#### **Список литературы:**

1. Родионова, Н. С. Исследование влияния режимов тепловой кулинарной обработки на дегидратацию тканей гидробионтов [Текст] / Н. С. Родионова, Е. С. Попов, Т. И. Фалеева // В мире научных открытий. — 2011. — № 7.2. — С. 1013 — 1020.
2. Родионова, Н. С. Исследование процесса тепловой обработки гидробионтов с использованием низкотемпературного термо-влажностного режима [Текст] / Н. С. Родионова, Е. С. Попов, Т. И. Фалеева // Вестник РАСХН. — 2011. — № 6. — С. 75 — 78.



## СЕКЦИЯ 9.

### ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

#### СТРУКТУРНОЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВАЛЬЦОВО-МАТРИЧНЫХ ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРОВ С КОЛЬЦЕВОЙ МАТРИЦЕЙ

*Кириленко Александр Сергеевич*  
ведущий инженер, ОГУ, г. Оренбург  
E-mail: [integral138@mail.ru](mailto:integral138@mail.ru)

*Ковриков Иван Тимофеевич*  
д-р техн. наук, профессор, ОГУ, г. Оренбург  
E-mail: [kovrikovit@mail.ru](mailto:kovrikovit@mail.ru)

В настоящее время активно развиваются существующие и разрабатываются новые промышленные направления, где применяются технологии прессового гранулирования предварительно измельченных материалов в пресс-грануляторах экструзионного типа с цилиндрическими рабочими органами. Специалистами [6] обоснована возможность гранулирования более 5000 различных видов сырья.

В сфере АПК в пресс-грануляторах осуществляют переработку агросырья при производстве гранулированных комбикормов и их отдельных компонентов, при производстве топливных гранул из отходов АПК (например, из соломы, лузги), а также с целью получения гранулированных промежуточных продуктов для повышения эффективности дальнейшего технологического процесса (например, гранулирование жмыха на маслоэкстракционных заводах).

Вместе с тем прессовое гранулирование — это энергоемкий процесс, и актуальность его совершенствования достаточно высока.

Одним из целесообразных путей совершенствования процесса прессового гранулирования является разработка новых и оптимизация существующих конструкций пресс-грануляторов.

В России и за рубежом наиболее распространены вальцово-матричные пресс-грануляторы с активной кольцевой матрицей и пассивными прессующими роликами. Однако за последнее двадцатилетие конструкции таких прессующих механизмов хотя и достигли более

высокого технического уровня, но по структурным признакам изменились незначительно [5].

Задачи по повышению производительности и надежности пресс-грануляторов с кольцевой матрицей, снижению энергоемкости процесса гранулирования и трудоемкости обслуживания рабочих органов, обеспечению возможности регулирования качества получаемых гранул решаются в основном за счет:

- оптимизации числа (для прессующих роликов) и геометрических размеров рабочих органов прессующего механизма;
- оптимизации конструкции кольцевой матрицы (преимущественно оптимизации параметров фильера);
- совершенствования конструктивного исполнения неровностей на цилиндрической поверхности обечайки прессующего ролика;
- совершенствования конструкции водила прессующих роликов;
- оптимизации устройств, обеспечивающих выравнивание слоя материала под прессующими роликами;
- разработки систем регулирования минимальной высоты слоя прессуемого материала (минимального зазора) между прессующими роликами и кольцевой матрицей и силовых нагрузок на рабочие органы прессующего механизма;
- совершенствования системы крепления кольцевой матрицы к планшайбе пресс-гранулятора.

Морфологический анализ конструкций, анализ результатов параметрического синтеза существующих и вновь проектируемых пресс-грануляторов с кольцевой матрицей, а также анализ результатов экспериментальных исследований рабочего процесса в них позволяет выявить комплекс конструктивных и технологических недостатков и решить отдельные задачи структурного синтеза по совершенствованию конструкций рассматриваемых пресс-грануляторов.

Так, одним из существенных недостатков в рабочем процессе пресс-грануляторов с кольцевой матрицей является боковое выдавливание прессуемого материала (перемещение материала в направлении торцов рабочих органов и его выдавливание за пределы области контакта), которое предопределено тем, что контактные поверхности матрицы и каждого из прессующих роликов образуют незамкнутое клиновидное пространство. Как следует из анализа напряженно-деформированного состояния прессуемого материала в клиновидном пространстве, боковое выдавливание особенно выражено в зоне отставания и менее интенсивно — в зоне выдавливания в фильеры матрицы. Однако в теории и методиках расчета пресс-грануляторов с кольцевой матрицей боковое выдавливание не учитывается.

В результате бокового выдавливания значительно снижается производительность пресс-гранулятора. Часть материала, выдавленная за пределы рабочей области, поступает на повторное сжатие, что увеличивает энергозатраты на гранулирование. Из-за бокового выдавливания имеет место неравномерное распределение контактных напряжений по ширине рабочих органов, которое является причиной ухудшения условий поступления прессуемого материала в зону отставания, разной производительности в крайних и центральных фильерах матрицы, неодинакового качества гранул в них и неравномерного эксплуатационного износа по ширине матрицы и обечаек прессующих роликов.

Процесс прессования без бокового выдавливания возможен только в условиях, когда контактные поверхности рабочих органов пресс-гранулятора образуют замкнутый контур поперечного сечения слоя продукта. Это может быть обеспечено путем создания дополнительных торцевых контактных поверхностей, позволяющих реализовать в клиновидном пространстве схему плоского деформированного состояния прессуемого материала.

С этой целью нами предложена конструкция пресс-гранулятора, в котором к планшайбе и конусному устройству для подачи сырья прикреплены сменные кольца, ограничивающие торцевые поверхности слоя прессуемого материала. Боковые поверхности ограничительных колец, обращенные к торцам прессующих роликов и контактируемые с продуктом, образуют с внутренней цилиндрической поверхностью матрицы кольцевую полость с входящими внутрь нее прессующими роликами [4].

При разработке пресс-гранулятора с торцевым ограничением клиновидного пространства были сформулированы требования, предъявляемые к конструкции ограничительных колец:

- ограничительные кольца не должны быть связаны с матрицей пресс-гранулятора;
- должна быть обеспечена возможность изменения высоты торцевых контактных поверхностей ограничительных колец для одной и той же матрицы (путем быстрой замены колец);
- должна быть обеспечена возможность регулирования зазора между боковыми поверхностями ограничительных колец и торцами прессующих роликов;
- должна быть обеспечена возможность изменения сопротивления выдавливанию материала через вышеуказанный зазор за счет регулирования величины или оптимизации его формы (контактная поверхность ограничительных колец вертикальная, наклонная, циклоидальная и др.);

- контактные поверхности ограничительных колец должны быть шероховатыми или иметь несквозную перфорацию;
- устройство не должно усложнять эксплуатацию пресс-гранулятора.

Кроме того, важно отметить, что в пресс-грануляторах, оснащенных ограничительными кольцами, становится более актуальным применение автоматических систем регулирования минимального зазора между прессующими роликами и кольцевой матрицей.

В результате торцевого ограничения клиновидного пространства дополнительными контактными поверхностями в виде сменных ограничительных колец обеспечивается:

- повышение производительности пресс-гранулятора за счет полного или частичного предотвращения бокового выдавливания при установившемся процессе работы;
- повышение производительности пресс-гранулятора в условиях плоской деформации прессуемого материала за счет увеличения окружной протяженности области его контакта с рабочими органами, создания оптимальных условий его поступления в зону отставания и расширения границ зоны выдавливания в фильеры матрицы при том же сопротивлении фильер;
- снижение энергоемкости процесса прессового гранулирования за счет исключения энергозатрат на повторное сжатие части материала, выдавливаемой за пределы рабочей области в пресс-грануляторе с незамкнутым клиновидным пространством;
- увеличение долговечности рабочих органов, выравнивание производительности в крайних и центральных фильерах матрицы и механического качества гранул в них за счет выравнивания эпюры контактных напряжений по ширине кольцевой матрицы и обечаек прессующих роликов, а также вследствие выравнивания слоя прессуемого материала перед прессующими роликами.

Другим существенным недостатком пресс-грануляторов с кольцевой матрицей является возможность проскальзывания прессующих роликов относительно контактной поверхности матрицы (работающей в режиме буксования), что обусловлено фрикционной передачей вращения от активной матрицы пассивным прессующим роликам через слой прессуемого материала.

Проскальзывание предполагает, что действительная угловая скорость прессующего ролика меньше его теоретической угловой скорости.

Явление проскальзывания способствует сгуживанию прессуемого материала перед прессующими роликами, препятствует формированию устойчивого валика гранулируемого сырья на входе в зону отставания,

вследствие чего снижается производительность пресс-гранулятора. Процесс гранулирования в этом случае характеризуется дополнительным перетиранием сырья (имеющего определенную в соответствии с технологическими требованиями степень измельчения), а также повышенной дилатансией прессуемого материала. В результате увеличиваются энергозатраты на гранулирование, снижается однородность структурно-механических свойств сырья, ухудшаются качественные показатели гранул. Проскальзывание рабочих органов вызывает интенсивный и неравномерный износ их контактных поверхностей.

В современной классификации прессующих механизмов выдавливающего типа выделяют пресс-грануляторы с цилиндрическими рабочими органами, в которых исключается проскальзывание. Это шестеренные пресс-грануляторы с внутренним зубчатым зацеплением колеса-матрицы и прессующих колес [3]. Однако процесс гранулирования в них имеет ряд существенных особенностей, исследован незначительно, и такие пресс-грануляторы серийно не выпускаются.

С целью повышения производительности пресс-гранулятора, снижения энергоемкости процесса, увеличения долговечности рабочих органов и улучшения качества готового продукта нами разработана (получен патент на изобретение) конструкция пресс-гранулятора, в которой предотвращается проскальзывание прессующих роликов относительно контактной поверхности матрицы при сохранении преимуществ торцевого ограничения клиновидного пространства.

В данной конструкции к планшайбе и конусному устройству также прикреплены сменные ограничительные кольца, но они выполнены в виде зубчатых венцов с внутренними зубьями, а каждый прессующий ролик, установленный на водиле с возможностью вращения относительно своей неподвижной оси, со стороны торцов оснащен жестко соединенными с ним сменными цилиндрическими шестернями. Таким образом, ограничительные кольца и цилиндрические шестерни образуют внутреннее зубчатое зацепление, обеспечивая жесткую кинематическую связь между матрицей и прессующими роликами пресс-гранулятора. При этом изменение минимального зазора между контактными поверхностями матрицы и прессующих роликов в процессе работы пресс-гранулятора определяется возможностями зубчатого зацепления ограничительных колец и цилиндрических шестерен и осуществляется системой регулирования зазора в пределах допустимых отклонений величины межосевого расстояния в зубчатом зацеплении. При эксплуатационном износе контактных поверхностей рабочих органов новый диапазон варьирования минимального зазора устанавливается изменением числа зубьев, высотной коррекцией зубьев цилиндрических шестерен или ограничительных колец, а также путем оптимизации других параметров зубчатого зацепления.

Нами сформирована математическая модель процесса прессового гранулирования в пресс-грануляторах с торцевым ограничением клиновидного пространства дополнительными контактными поверхностями [1], [2]. Высокая эффективность предлагаемых технических решений подтверждается параметрическим синтезом математической модели, а также результатами проведенных экспериментальных исследований как на опытной установке — малогабаритном пресс-грануляторе ПГМ-05 (ФГБОУ «Оренбургский государственный университет», ОАО «Оренбургский станкозавод»), так и на промышленных прессах Б6-ДГВ (ОАО «Оренбургский комбикормовый завод», ОАО «Оренбургский маслоэкстракционный завод»). Нами сформулированы рекомендации, которые могут быть учтены при проектировании новых и модернизации существующих пресс-грануляторов с кольцевой матрицей, разработана методика расчета пресс-грануляторов с замкнутым клиновидным пространством.

Предлагаемые направления совершенствования процесса прессового гранулирования отвечают критериям ресурсосбережения и энергоэффективности.

### Список литературы:

1. Ковриков И. Т., Кириленко А. С. Математическое моделирование рабочего процесса в вальцово-матричном пресс-грануляторе с торцевым ограничением клиновидного пространства / И. Т. Ковриков, А. С. Кириленко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2012. — № 01(75). — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/01/pdf/42.pdf> (дата обращения: 15.02.2012).
2. Ковриков И. Т., Кириленко А. С. Повышение производительности пресс-грануляторов путем ограничения рабочего пространства дополнительными контактными поверхностями // Известия вузов. Пищевая технология. — 2011. — № 5—6. — С. 78—81.
3. Ковриков И. Т., Кириленко А. С. Совершенствование шестеренных пресс-грануляторов / И. Т. Ковриков, А. С. Кириленко // Вестник мясного скотоводства. Материалы международной научно-практической конференции. — Оренбург, 2008. — Вып. 61. Том II. — С. 114—121.
4. Пат. 2412819 РФ, МПК8 В 30 В 11/20, В 28 В 3/18. Пресс-гранулятор / Ковриков И. Т., Кириленко А. С. — № 2009145789/02; заявл. 09.12.2009; опубл. 27.02.2011, Бюл. № 6. — 10 с.
5. Технологическое оборудование предприятий отрасли (зерноперерабатывающие предприятия) / Л. А. Глебов [и др.]. — М.: ДеЛи принт, 2006. — 816 с.
6. Refinement of solid matters by means of agglomeration by compression with flat die pelleting presses [Электронный ресурс] // AMANDUS KAHL GmbH & Co. KG. — Режим доступа: [http://www.akahl.de/akahl/files/Prospekte/Prospekte\\_englisch/1333-Pressgranu-6e.pdf](http://www.akahl.de/akahl/files/Prospekte/Prospekte_englisch/1333-Pressgranu-6e.pdf) (дата обращения: 18.10.2011).

## СЕКЦИЯ 10.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### ОБСЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ЦЕХА №1

*Горяйнова Татьяна Александровна*

*ст. преподаватель, БГТИ (ф) ОГУ, г. Бузулук*

*E-mail: [t.goraynova@mail.ru](mailto:t.goraynova@mail.ru)*

В рамках диссертационного исследования производится обследование ряда зданий завода тяжелого машиностроения. Здание механического цеха № 1 однопролетное, пролет 18 метров, шаг колонн 6 метров, два температурных блока длиной 48 и 54 м. Высота до низа несущих конструкций 9,3 метра. В пролете три мостовых крана, грузоподъемностью 20/5 тонн (два из них действующих). Здание построено примерно в 1948 году. В 1976 году в здании была осуществлена реконструкция: выполнено усиление подкрановых балок, частичная закладка проемов, пристрой цеха бурового оборудования по координационной оси «Г».

Конструктивное решение здания является типичным для постройки тридцатых и сороковых годов прошлого столетия. Тогда начали применяться смешанные несущие конструкции одноэтажных промышленных зданий; колонны, подкрановые балки и обвязки которых, выполнялись из монолитного или сборного железобетона, а покрытия устраивались по деревянным или стальным фермам; в последнем случае по фермам укладывались стальные прогоны из швеллеров, а по ним — мелкогабаритные сборные ребристые плиты.

В результате обследования установлено, что в целом положение строительных конструкций в пространстве соответствует допускам нормативно-технической документации. Наибольшее количество дефектов выявлено в колоннах и подкрановых балках.

Фундаменты обследуемого здания монолитные железобетонные трехступенчатые с размерами подошвы 2100x3000 мм, глубина заложения 1800 мм.

Колонны монолитные железобетонные с размерами сечения: b от 390 до 710 мм, h от 780 до 1190 мм по координатной оси «А»; b от 395 до 600 мм, h от 770 до 990 по координатной оси «Г».

В колоннах выявлены следующие дефекты: трещины в консолях шириной раскрытия до 0,3 мм, трещины в углах и на гранях колонны по ее длине шириной раскрытия до 18 мм длиной до 1710 мм; горизонтальные трещины с шириной раскрытия до 1 мм; ржавые пятна и потеки, свидетельствующие о поражении арматуры коррозией; сколы бетона на гранях колонн с оголением арматуры на высоту до 1000 мм и глубину до 90 мм; растрескивание и отслоение защитного слоя бетона. Преобладающее количество дефектов наблюдается у колонн по координатной оси «А» в нижнем ярусе бетонирования. У четырех рядом стоящих колонн, наблюдается сильное разрушение бетона с полным оголением рабочей арматуры и ее значительной коррозией. В 8 колоннах со слабозаметными трещинами, при простукивании бетона молотком наблюдается бучащий звук, что также говорит об отслоении защитного слоя и коррозии арматуры.

Фактическое состояние колонн оценено визуально с применением шестибальной системы, имеющей для каждого балла признаки, характеризующие несущую способность элемента. Балльная оценка состояния колонн приведена в таблице 1.

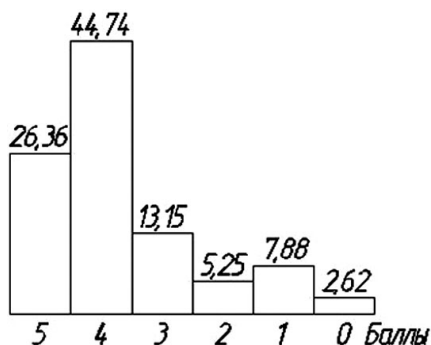
*Таблица 1*

#### **Балльная оценка состояния колонн**

<b>Балл</b>	<b>Описание состояния колонн</b>
5	Коррозионных повреждений нет
4	До 30 % поперечных стержней не имеют защитного слоя
3	То же, более 30 %. Вдоль продольной арматуры имеются трещины шириной раскрытия до 0,1 мм
2	То же, с шириной раскрытия продольных трещин до 1 мм
1	То же, с шириной раскрытия продольных трещин более 1мм. Отколы защитного слоя на длине (высоте) конструкции до 30 %
0	То же, при наличии отколов более 30 % длины конструкции.

Согласно балльных оценок построена гистограмма технического состояния колонн.





**Рисунок 1. Техническое состояние колонн**

Подкрановые балки монолитные железобетонные таврового сечения. В балках обнаружены многочисленные дефекты: отколы и разрушения полок с оголением арматуры, скалывание полок подкрановых балок в месте крепления болтов, отколы и разрушения нижней части балки в пролете с оголением арматуры. При бетонировании подкрановой балки не везде получилась строго горизонтальная верхняя плоскость балки на всей ее длине, и она была выровнена за счет цементной подливки. От действия поперечных тормозных сил подливка частично разрушена, и под рельсы при ремонте подложены стопки из нескольких полос листовой стали.

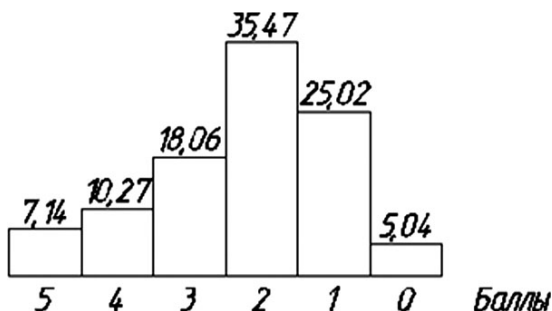
Балльная оценка технического состояния подкрановых балок приведена в таблице 2.

**Таблица 2**

**Балльная оценка состояния подкрановых балок**

Балл	Описание состояния подкрановых балок
5	Коррозионных повреждений нет
4	Небольшие сколы в пределах толщины защитного слоя бетона; трещины в растянутой зоне шириной до 0,5 мм
3	Сколы до 30 % всего сечения элемента; разрыв до 10 % рабочей арматуры; трещины раскрытием до 0,5 мм, прогиб до 1/50 пролета
2	Сколы, достигающие 30 % всего сечения элемента; разрыв до 30 % рабочей арматуры; трещины раскрытием до 0,5 мм, сквозные трещины раскрытием до 1 мм, прогиб до 1/50 пролета
1	Разрушение свыше 30 % всего сечения элемента; разрыв от 30 % до 50 % рабочей арматуры
0	Разрушение свыше 30 % всего сечения элемента; разрыв от 30 % до 50 % рабочей арматуры; прогибы свыше 1/50 пролета с раскрытием трещин в растянутой зоне более 1 мм.

Согласно балльных оценок построена гистограмма технического состояния подкрановых балок.



*Рисунок 2. Техническое состояние подкрановых балок*

Стропильные конструкции — металлические сварные двускатные фермы. Нижний пояс из 2 уголков 100x14, верхний из 2 уголков 75x8 или 2 швеллеров № 22, стойки из 2 уголков 65x8, раскосы из 2 швеллеров № 14.

При обследовании ферм выявлены следующие дефекты и повреждения: местные искривления на части длины нижнего пояса, раскосов; вмятины элементов фермы; следы систематического увлажнения, коррозионные повреждения, разрушения защитных покрытий; общее и местные искривления связей; непровар сварных швов; не выдержан минимально допустимый зазор между угловыми швами; частичное отсутствие закладных деталей для крепления прогонов, ослабление отверстиями, частичное отсутствие болтов крепления.

Покрытие решено по прогонной схеме: на металлические фермы по узлам уложены прогоны из швеллеров № 28, по ним мелкоразмерные сборные ребристые железобетонные плиты размером 2250x500x90. Прогоны имеют коррозионные повреждения, особенно в местах протечек, то же плиты покрытия, более 30 % плит имеют сколы защитного слоя бетона в опорной части.

Стены из красного глиняного кирпича толщиной 380 мм. По периметру наружных стен в надкрановой части устроен монолитный железобетонный пояс малой жесткости высотой 400 мм. При обследовании наружных стен выявлены следующие дефекты и повреждения: следы систематического увлажнения в карнизной части; трещины с шириной раскрытия от 0,5 мм до 4,0 мм длиной до 2500 мм; выветривание кладки глубиной до 60 мм; имеются отдельные участки стен в карнизной части, подвергшиеся перекладке.

В целом техническое состояние строительных конструкций механического цеха оценивается как работоспособное, но требуется проведение усиления и ремонтно-восстановительных работ элементов несущих конструкций.

### **Список литературы:**

1. Лычев А. С. Надежность строительных конструкций. М.: АСВ, 2008. — 184 с.
2. Перельмутер А. В. Избранные проблемы надежности и безопасности строительных конструкций. М.: АСВ, 2007.—254 с.

## **ЛАБОРАТОРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ЖИДКОГО КЕРАМИЧЕСКОГО ТЕПЛОИЗОЛЯТОРА «КОРУНД» НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ СТЕНДЕ ТРУБОПРОВОДОВ.**

*Жуков Артем Николаевич*

*аспирант, ВолгГАСУ, г. Волгоград*

*E-mail: [ya.elektronka2011@yandex.ru](mailto:ya.elektronka2011@yandex.ru)*

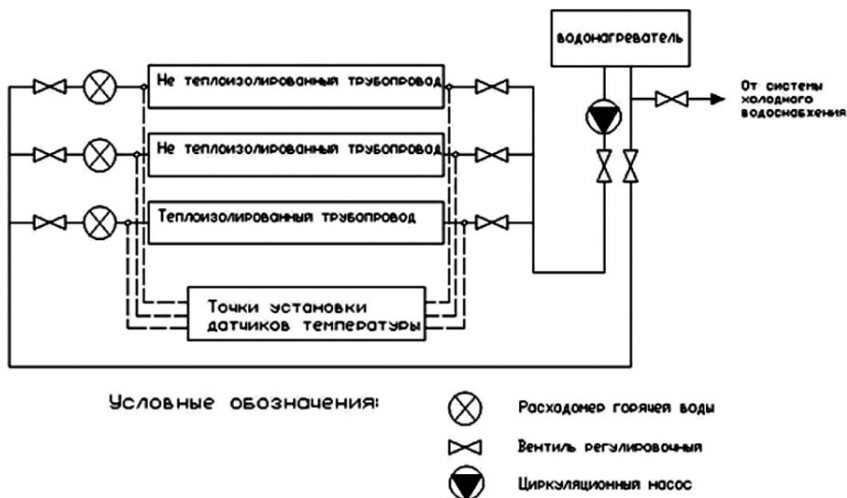
На сегодняшний день протяженность тепловых сетей в России составляет более 257 тысяч километров. Из них примерно половина находится в изношенном состоянии, а порядка 10—15 % — в аварийном. Потери тепла в таких теплотрассах составляют 20—30 %.

Основной причиной потерь тепла является применение неэффективных теплоизоляционных покрытий. Для решения этой проблемы, строительный рынок предлагает широкий спектр различного рода теплоизоляторов любой марки, состава и характеристик. Но при выборе теплоизолятора необходимо обращать внимание не только на его низкий коэффициент теплопроводности, но и на долговечность, экологическую безопасность и легкость в использовании.

Одним из вариантов утепления теплопроводов является применение жидких теплоизоляций.

Для определения эффективности применения жидких керамических теплоизоляций был изготовлен специальный стенд, представляющий собой три участка трубопровода диаметром 108 мм (длиной по 4 метра), расположенных друг над другом и подключенных посредством металлопластиковых трубопроводов. Регулирование расхода подачи воды в систему осуществлялось шаровыми кранами. Нагрев воды до заданной

температуры в подающих трубопроводах производился при помощи электронагревательного котла. Постоянная циркуляция воды в отопительных приборах обеспечивалась установленным на подающем трубопроводе циркуляционным насосом (рис. 1).



*Рисунок 1. Принципиальная схема стенда*

Показания расхода воды фиксировались по расходомерам, установленным на обратных трубопроводах каждого из трех испытуемых участков [2, с. 7].

Замеры температуры поверхности производились электронными приборами Elcometer 319 и Термо-5, имеющими контактные датчики измерения температуры поверхности.

Предварительно на первый участок трубопровода было нанесено покрытие из жидкой керамической теплоизоляции Корунд (ТУ 5760-001-83663241-2008). Нанесение осуществлялось при помощи малярной кисти слоями по 0,5 мм с межслойной сушкой 24 часа [1, с. 11]. Общая толщина покрытия составила — 1,5 мм. Толщина замерялась в нескольких точках штангенциркулем, а затем усреднялась. Второй участок был покрыт алкидной грунтовкой для металла. Третий участок трубопровода не подвергался никакой обработке.

Испытания проводились согласно следующей методике:

1. Система заполнялась водопроводной водой и начиналась циркуляция носителя.

2. После достижения требуемой температуры нагрева в электронагревательном котле  $+80^{\circ}\text{C}$  производились замеры температуры теплоносителя на входе и выходе теплоизолированного жидким керамическим утеплителем, покрытого грунтовкой и не теплоизолированного участков трубопроводов. Замеры производились три раза, за расчетное принималось среднее значение.

3. Определялись значения расходов воды через испытуемые участки трубопроводов при помощи расходомеров, установленных на обратных трубопроводах.

4. Определялись показания температуры поверхности трубопроводов в трех точках каждого из участков, за расчетное принималось среднее значение.

5. Фиксировались показания температуры воздуха в помещении в начале, середине и конце эксперимента, за расчетное принималось среднее значение.

После снятия показаний обработка результатов производилась в следующем порядке:

- определялось количество теплоты, выделяемое участком трубопровода по формуле:

$$Q = \frac{G_{\text{вд}} \cdot c_{\text{вд}} \cdot (t_{\text{вд}} - t_{\text{вд}})}{3,6},$$

где  $Q$  — количество теплоты, выделяемое участками трубопровода, Вт;

$c_{\text{вд}}$  — удельная теплоемкость воды ( $c_{\text{вд}}=4,187 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ );

$t_{\text{вд}}$  — температура теплоносителя на входе в трубопровод,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_{\text{вд}}$  — температура теплоносителя на выходе из трубопровода,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$G_{\text{вд}}$  — расход воды через испытуемый участок трубопровода, кг/ч.

- определялась плотность теплового потока  $q$  1 кв. м испытуемого участка трубопровода  $q$  по формуле:

$$q = \frac{Q}{l \cdot \pi \cdot d},$$

Где  $l$  — длина испытуемого участка трубопровода, м;

$d$  — диаметр трубы, м.

Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1.

## Результаты измерений участков трубопроводов

Наименование показателей	Теплоизолированный участок	Не теплоизолированные участки	
	С покрытием Корунд	С грунтовочным покрытием	В исходном состоянии
Температура воздуха в помещении $t_{инт}$ , °С	29		
Температура теплоносителя на входе в испытуемый участок трубопровода, °С  $t_{вх1}$ , °С $t_{вх2}$ , °С $t_{вх3}$ , °С $t_{вхср}$ , °С	74,3 74,1 74,2 74,2	80,5 80,3 80,2 80,33	79,2 79,1 79,3 79,2
Температура теплоносителя на выходе из испытуемого участка трубопровода, °С  $t_{вых1}$ , °С $t_{вых2}$ , °С $t_{вых3}$ , °С $t_{выхср}$ , °С	73,8 73,9 73,7 73,8	73,0 73,3 73,2 73,16	72,3 72,0 72,5 72,26
Температурный перепад ( $t_{вхср} - t_{выхср}$ ), °С	0,3	7,2	6,8
Температура поверхности испытуемого участка трубопровода  $\tau_1$ , °С $\tau_2$ , °С $\tau_3$ , °С $\tau_{ср}$ , °С	50,0 48,7 49,1 49,26	71,5 65,9 71,1 69,5	64,4 64,7 64,4 64,5
Расход воды через испытуемый участок $G_{вод}$ , кг/ч	109	124	133
Количество теплоты, поступающей в помещение от испытуемого участка трубопровода $Q_{пр}$ , Вт	38,03	1038,37	1051,86
Плотность теплового потока 1 кв.м испытуемого участка трубы при фактических показателях $q_{пр}$ , Вт/кв.м	28,04	765,48	775,71

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Теплоотдача 1 кв.м теплоизолированного трубопровода значительно меньше чем теплоотдача не теплоизолированного трубопровода;
2. Температурный перепад на входе и выходе трубопровода на теплоизолированном участке составил 0,3°С.
3. Температура на поверхности изолированного участка на 15—20 °С ниже чем на не теплоизолированных участках.

#### **Список литературы:**

1. Жидкие керамические теплоизоляционные покрытия серии «Корунд»: технические условия 5760-001-83663241-2008. Волгоград, 2008. — 9 с.
2. Исследование тепловых характеристик сверхтонкой теплоизоляции «Корунд»: технический отчет. Волгоград, 2011. — 24 с.

## **ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ШПУНТОВЫХ СТЕНОК В СТРОИТЕЛЬНЫЙ ПЕРИОД**

*Пахоменкова Татьяна Юрьевна*

*аспирант, СПГУВК, г. Санкт-Петербург*

*E-mail: [tatiana-pahomenk@rambler.ru](mailto:tatiana-pahomenk@rambler.ru)*

В связи с модернизацией портовой техники и увеличением водоизмещения судов, актуальна проблема повышения общей устойчивости возводимых причальных конструкций в виде тонких вертикальных стенок, отличающихся экономичностью, технологичностью и надёжностью в эксплуатации. На открытой акватории преимущественно применяют больверки (заанкерованные и незаанкерованные тонкие подпорные стенки), которые выполняют из шпунтовых свай [2, 5]. Вопросы обеспечения устойчивости свайных конструкций, расположенных на протяжённых акваториях со сложным волновым режимом, обусловлены: процессами стабилизации грунтов, воздействием водного потока от судовых винтов, изменениями нагрузок от портовых механизмов, процессом разуплотнения грунтов основания и другими факторами. Особую опасность представляет строительный период, когда шпунтовый ряд погружён в грунт, но ещё не установлены анкерные тяги. При этом деформации шпунтовых стен, превышающие проектные, требуют сложных восстановительных работ, что приводит к дополнительным затратам. Опыт использования однорядных шпунтовых стен, показал, что в условиях слабых грунтов основания необходимо

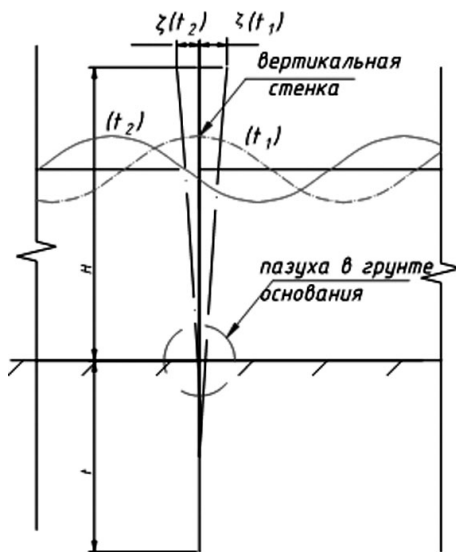
уделить особое внимание устойчивости с учетом параметров ветровых волн, а так же гранулометрического состава грунта.

В процессе погружения свай грунты подвергаются длительному вибрационному воздействию. При этом происходит разжижение мелких сыпучих грунтов, значительное уменьшение сцепления и угла внутреннего трения [1, 6].

В период производства работ на протяжённых акваториях, не защищенных от волнового влияния, волна, воздействуя на стенку, создает изгибающий момент, вызывающий перемещение свободного конца (рис. 1).

При этом у основания сваи образуется воронка размыва. Слабые несвязные грунты с малыми значениями неразмывающих скоростей, вымываются из образованной полости, относятся водой и оседают вне зоны погружения сваи. В результате длительного волнового воздействия, отклонения стенки увеличиваются, увеличивая тем самым воронку размыва. Этот процесс приводит к развитию процесса выноса грунта основания и образованию глубокой пазухи вдоль сваи [4].

Образование воронки может привести к нарушению устойчивости вертикальных стен и, как следствие, к обрушению сооружения.



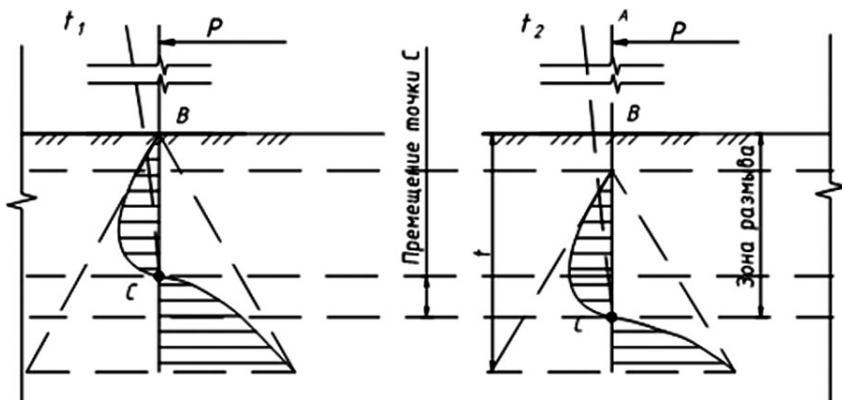
**Рисунок 1. Перемещение шпунтовой стенки при воздействии волн.**

При погружении в грунт незаанкерованная стенка работает как консольная балка, нижний конец которой защемлен в грунте. До тех пор, пока стенка не нагружена, она испытывает с обеих сторон



защемления одинаковое давление, равное естественному давлению в грунтовом массиве.

При приложении нагрузки (горизонтальной силы  $P$ , см. рис. 2.), стенка изогнется и будет стремиться повернуться вокруг неподвижной точки перегиба эпюры  $C$  [3]. Давление грунта на участки стенки, испытывающие перемещение, изменится: с той стороны, куда направлены перемещения, оно возрастет, с противоположной — уменьшится. Схема показана на рисунке 2.



**Рисунок 2. Эпюры бокового давления грунта при волновом воздействии.**

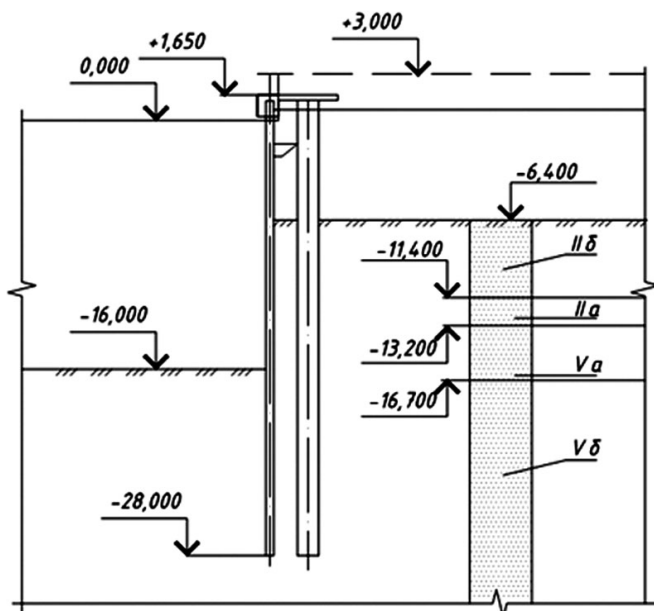
В условиях равновесия на участках стенки с максимальными перемещениями наибольшее давление грунта будет равно пассивному давлению, а наименьшее со стороны обратной направлению перемещения — активному давлению. Таким образом, предельная интенсивность сопротивления грунта внешнему давлению в каждой точке равна разности интенсивностей пассивного и активного давлений грунта.  $\dot{a}_{\text{гд}} = \rho \cdot g \cdot y \cdot (\lambda_{\text{г}} - \lambda_{\text{а}})$  [2]. Учитывая размыв грунтов основания, получим, что точка перегиба эпюры будет перемещаться вглубь. В конечном итоге произойдет потеря устойчивости шпунтовой стенки.

Известны практические примеры негативного влияния циклических волновых нагрузок на шпунтовые конструкции. В частности, на сооружении, выполненном в виде одиночного ряда шпунтовых свай из профиля типа Ларсен 607п, находящемся на этапе строительства (до его анкеровки), после 10 часов волнового воздействия волны высотой  $h=2,5$  м и периодом  $T=3-4$  с, было выявлено отклонение фактического

положения шпунтового ряда от проектного (до 5 метров) в сторону противоположную накату волн, а также образовалась значительная пазуха грунта основания за лицевой стенкой акватории.

Для оценки процессов происходящих у основания шпунтовой стенки необходимо определить скорости выноса частиц грунта и соотнести их значения со значениями неразмывающих скоростей и значениями гидравлической крупности.

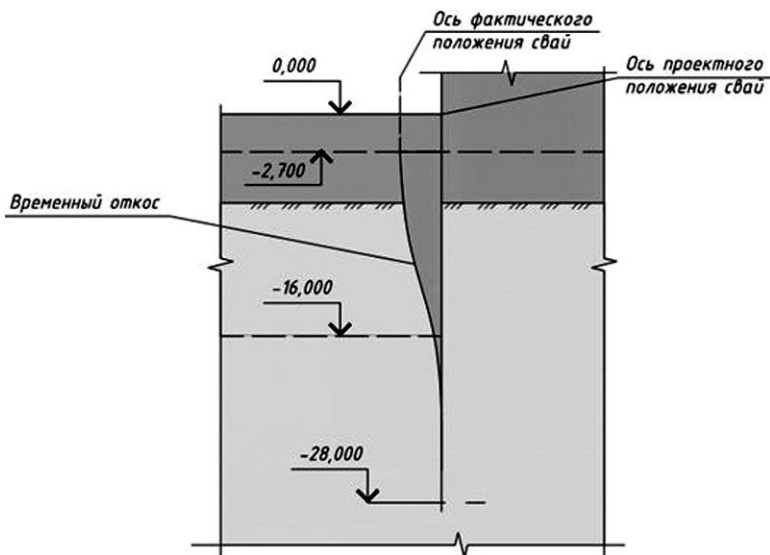
Рассмотрим данные, полученные в результате наблюдений за объектом. На рисунке 3 представлен геологический разрез.



*Рисунок 3. Геологический разрез.*

Анализ гранулометрического состава показал, что формирующей основой массива являются мелкие фракции песка (70—80 % частиц диаметром от 1 мм до 0,25 мм), с объемом пылеватых частиц (8—10 %), которые обладают малыми значениями неразмывающих скоростей а, следовательно, легко выносятся из массива.

Исходя из совокупности данных, можно получить приблизительное представление о виде воронки размыва, образовавшейся в результате формирования временного подводного откоса, вид которого показан на рисунке 4.



**Рисунок 4. Формирования временного подводного откоса.**

Представленный случай потери устойчивости стенки не является единичным. Все известные случаи разрушения свайных сооружений, возведенных на мелкопесчаных слабых грунтах, обуславливают необходимость дополнительного изучения механики взаимодействия слабых оснований со свайными сооружениями.

#### **Список литературы:**

1. Гончаров В. Н. Движение наносов. — М.: ОНТИ Главная редакция строительной литературы, 1938. — 110 с.
2. Гуревич, В. Б. Речные портовые гидротехнические сооружения. — М.: Транспорт, 1988. — 415 с.
3. Джунковский Н. Н. и др. Порты и портовые сооружения. Часть II. — М.: Литературы по строительству, 1967.
4. Строительные нормы и правила 2.06.04-82\*Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов); Госстрой СССР: М., 1989 — 71 с.
5. Строительные нормы и правила 2.06.07-87 Подпорные стены, судходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения; Госстрой СССР: М., 1989 — 89 с.
6. Терцаги К., Пек Р. Механика грунтов в инженерной практике: [пер. с англ.]. — М.: Госстройиздат, 1970. — 415 с.

## ОСОБЕННОСТИ ОБСЛЕДОВАНИЯ ЗДАНИЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

*Соколова Ольга Владимировна*

*канд. техн. наук, доцент ИрГУПС — филиал ЗаБИЖТ, г. Чита  
E-mail: [sokolova.olga1963@mail.ru](mailto:sokolova.olga1963@mail.ru)*

*Чечель Марина Владимировна*

*доцент ЧитГУ, г. Чита  
E-mail: [masaimarina1960@mail.ru](mailto:masaimarina1960@mail.ru)*

В настоящее время проблема обследования зданий и сооружений является одной из первоочередных задач, стоящих перед инженерами-эксплуатационниками, проектировщиками, строителями. Качественно новые тенденции в реконструкции городской застройки обуславливают необходимость обеспечения долговечности и экономичности конструкций, а наравне с этим и комфортности среды жизнедеятельности человека.

Надежность, гарантирующая безаварийность зданий и инженерных сооружений, является одной из главных задач при их строительстве и эксплуатации. Аварии зданий и инженерных сооружений наносят значительный экономический ущерб и нередко сопровождаются гибелью людей.

Для оценки эксплуатационной пригодности конструкций сооружения на практике прибегают к натурным обследованиям, на основании которых приходится решать две задачи: при каком значении уровня повреждений может быть допущена нормальная эксплуатация конструкций и на какой срок может быть допущена их эксплуатация до следующего обследования и ремонта. Решение поставленных задач связано с проведением обследования конструкций здания или сооружения, по результатам которого возможна подготовка соответствующих выводов и рекомендаций.

Необходимость в проведении обследовательских работ, их объем, состав и характер зависят от поставленных конкретных задач. Основанием для обследования в соответствии с СП 13-102-2003 могут быть следующие причины:

- наличие дефектов и повреждений конструкций (например, вследствие силовых, коррозионных, температурных или иных воздействий, в том числе неравномерных просадок фундаментов), которые могут снизить прочностные, деформативные характеристики конструкций и ухудшить эксплуатационное состояние здания в целом;

- увеличение эксплуатационных нагрузок и воздействий на конструкции при перепланировке, модернизации и увеличении этажности здания;
- реконструкция зданий даже в случаях, не сопровождающихся увеличением нагрузок;
- выявление отступлений от проекта, снижающих несущую способность и эксплуатационные качества конструкций;
- отсутствие проектно-технической и исполнительной документации;
- изменение функционального назначения зданий и сооружений;
- деформации грунтовых оснований;
- необходимость контроля и оценки состояния конструкций зданий, расположенных вблизи от вновь строящихся сооружений;
- необходимость оценки состояния строительных конструкций, подвергшихся воздействию пожара, стихийных бедствий природного характера или техногенных аварий;
- необходимость определения пригодности производственных и общественных зданий для нормальной эксплуатации, а также жилых зданий для проживания в них и другие.

Оценка категорий технического состояния несущих конструкций производится на основании результатов обследования и поверочных расчетов. По результатам оценки технического состояния конструкции могут быть отнесены к следующим категориям: находящиеся в исправном состоянии, в работоспособном состоянии, в ограниченно работоспособном состоянии, в недопустимом состоянии и в аварийном состоянии.

При исправном и работоспособном состоянии эксплуатация конструкций при фактических нагрузках и воздействиях возможна без ограничений. При этом для конструкций, находящихся в работоспособном состоянии, может устанавливаться требование периодических обследований в процессе эксплуатации.

При ограниченно работоспособном состоянии конструкций необходимы: проведение контроля за их состоянием, осуществление контроля за процессом эксплуатации, ограничение нагрузок, защита конструкций от коррозии, восстановление или усиление конструкций. Если усиление ограниченно работоспособных конструкций не выполнялось, то требуются обязательные повторные обследования, сроки которых устанавливаются на основании проведенного обследования.

При недопустимом состоянии конструкций проведение мероприятий по их восстановлению и усилению является

обязательным. При аварийном состоянии конструкций их эксплуатация должна быть запрещена.

Обследование строительных конструкций зданий и сооружений проводится в соответствии с СП 13-102-2003 в три связанных между собой этапа: подготовка к проведению обследования; предварительное (визуальное) обследование; детальное (инструментальное) обследование.

Визуальная оценка сооружения дает первую исходную информацию о состоянии обследуемой конструкции, позволяет судить о степени износа элементов конструкции, дает возможность получить представление о состоянии объекта обследования в целом. Предварительное (визуальное) обследование включает сплошное визуальное обследование конструкций зданий и выявление дефектов и повреждений по внешним признакам с необходимыми замерами и их фиксацией.

Детальное обследование проводится при необходимости получения более полных и точных знаний о состоянии конструкций. Этот вид обследования включает: работы по обмеру необходимых геометрических параметров зданий, конструкций, их элементов и узлов, в том числе с применением геодезических приборов; инструментальное определение параметров дефектов и повреждений; определение фактических прочностных характеристик материалов основных несущих конструкций и их элементов; измерение параметров эксплуатационной среды, присущей технологическому процессу в здании и сооружении; определение реальных эксплуатационных нагрузок и воздействий, воспринимаемых обследуемыми конструкциями с учетом влияния деформаций грунтового основания; определение реальной расчетной схемы здания и его отдельных конструкций; определение расчетных усилий в несущих конструкциях, воспринимающих эксплуатационные нагрузки; расчет несущей способности конструкций по результатам обследования; камеральную обработку и анализ результатов обследования и поверочных расчетов; анализ причин появления дефектов и повреждений в конструкциях; составление итогового документа (акта, заключения, технического расчета) с выводами по результатам обследования; разработку рекомендаций по обеспечению требуемых величин прочности и деформативности конструкций с рекомендуемой, при необходимости, последовательностью выполнения работ.

При широком применении визуальных обследований для оценки технического состояния конструкций возникает необходимость установить надежность обследуемых конструкций по внешним признакам их повреждений, особенности и закономерности надежности определены в работах А. Н. Добромыслова.

Как показали наблюдения, в процессе эксплуатации конструкций происходит изменение их надежности [3], что связывается с изменчивостью нагрузок и несущей способности вследствие различных повреждений.

Различают два вида повреждения в конструкциях в зависимости от причин их возникновения: от силовых воздействий и от воздействия внешней среды.

Повреждения от воздействия внешней среды не только снижают прочность конструкции, но и уменьшают ее долговечность. Так, например, стальная ферма с антикоррозионным покрытием и та же ферма с поврежденным антикоррозионным покрытием обладают одинаковой несущей способностью, но разной надежностью.

В настоящее время большому количеству жилых, общественных и производственных зданий требуется проведение обследования и реконструкции. Это позволит улучшить планировочные решения, повысить степень благоустройства, инженерного оборудования зданий, а так же создать квартиры, отвечающие современным требованиям.

#### **Список литературы:**

1. Бедов А. И., Сапрыкин В. Ф. Обследование и реконструкция железобетонных и каменных конструкций эксплуатируемых зданий и сооружений. — М.: Изд-во АСВ, 1995.
2. Бутырин А. Ю. Судебная строительно-техническая экспертиза. Теоретические, методические и правовые основы / под ред. Ю. К. Орлова. — М.: Городец, 1998.
3. Добромыслов А. Н. Оценка эксплуатационной надежности строительных конструкций по внешним признакам// Проектирование и расчет строительных конструкций: Сб. статей / ЛДНП. — СПб, 1989.
4. Методические рекомендации по инженерному анализу последствий землетрясений. — М.: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 1980.
5. Рекомендации по обследованию зданий и сооружений, поврежденных пожаром. — М.: Стройиздат, 1987.
6. Рекомендации по обследованию и оценке технического состояния крупнопанельных и каменных зданий. — М.: ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, 1988.
7. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций по внешним признакам. — М.: ЦНИИПромзданий, 1989.
8. Сендеров Б. В. Аварии жилых зданий. — М.: Стройиздат, 1991.

## **ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ МОРОЗНОГО ПУЧЕНИЯ КРУПНООБЛОМОЧНОГО ГРУНТА С ПЫЛЕВАТО-ГЛИНИСТЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ**

***Соколова Ольга Владимировна***

*канд. техн. наук, доцент ИрГУПС — филиал ЗабИЖТ, г. Чита*

*E-mail: [sokolova.olga1963@mail.ru](mailto:sokolova.olga1963@mail.ru)*

***Чечель Марина Владимировна***

*доцент ЧитГУ, г. Чита*

*E-mail: [masaimarina1960@mail.ru](mailto:masaimarina1960@mail.ru)*

В большинстве районов нашей страны здания возводятся на территориях с сезоннопромерзающими или вечномёрзлыми грунтами. Проблемы, связанные с морозным пучением грунтов, возникают в гражданском, промышленном, сельскохозяйственном, гидротехническом, железнодорожном и автодорожном строительстве. Морозное пучение грунтов вызывает деформации в конструкциях зданий и сооружений, потере устойчивости отдельно стоящих опор, отклонение от проектных положений конструкций объектов линейного строительства и их повреждение.

Развитие такого рода деформаций приводит к понижению устойчивости, надёжности и долговечности, к дополнительным затратам средств, необходимых для капитального ремонта сооружений, а в некоторых случаях и возникновению аварийных ситуаций и сбоев в работе. Долгое время застройка территории велась по принципу выбора площадок с благоприятными инженерно-геологическими условиями. Сегодня таких площадок осталось очень мало. Вместе с тем все чаще строители сталкиваются с необходимостью использования в качестве оснований сооружений пучинистых грунтов.

Морозное пучение грунтов обусловлено климатическими, гидрогеологическими и литологическими факторами. К основным природным факторам, характеризующим интенсивность пучения грунтов, относятся гранулометрический, минералогический и химический состав грунта, его водно-физические свойства, а также режим увлажнения и охлаждения грунтов, зависящий от климатических и гидрогеологических условий площадок.

Многие годы считалось, что крупнообломочные грунты относятся к категории наиболее надёжных оснований, в которых процессы морозного пучения практически не развиваются. Поэтому при строительстве на них не предусматривались противопучинные мероприятия. Эксплуатация



многих гидротехнических, железнодорожных и дорожных объектов, возведённых на крупнообломочных грунтах с пылевато-глинистым заполнителем, доказала на практике, что такие основания подвергаются морозному пучению и при этом могут развиваться деформации, вызывающие перемещения отдельных частей сооружений на величину, превышающие допустимые значения. Составление прогноза поведения этих грунтов при различных условиях промерзания затруднено их недостаточной изученностью и многофакторностью процесса.

Рассматривая влияние состава на деформации пучения грунта необходимо отметить, что глинистые грунты с большим содержанием фракции пыли при соответствующих температурно-влажностных условиях проявляют значительные деформации пучения. В. О. Орлов предложил классифицировать крупнообломочные грунты, пески и супеси по степени пучинистости с помощью показателя дисперсности  $D$ , определяемого по формуле:

$$D = \frac{K_1}{d_0^2 e}$$

где  $K_1$  — коэффициент, равный  $1,85 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2$ ;

$e$  — коэффициент пористости;

$d_0$  — средний диаметр частиц грунта, см.

При  $1 < D < 5$  грунты относятся к слабопучинистым; при  $D > 5$  к среднепучинистым.

Значительное влияние на интенсивность пучения оказывает минералогический состав грунта. Благодаря специфической кристаллической решетке каолиниты более восприимчивы к холоду, чем иллиты и монтмориллониты.

Влажность грунта в предзимний период является определяющим фактором его выпучивания. Выделяются два начальных условия пучения, определяющиеся предельными значениями влажности. Первое предельное значение влажности, при котором в замерзающем грунте воздушные поры заполняются льдом и незамерзающей водой, но пучение отсутствует, называется влажностью предела пучения. Критическая влажность — это второе предельное значение влажности, при котором происходит миграция влаги навстречу фронту промерзания грунта. Эта влажность соответствует началу процесса пучения. Критическая влажность зависит от влажности на границе пластичности заполнителя.

Величину пучения грунтов в лабораторных условиях определяют путем моделирования одномерного теплового поля, что достигается с

помощью боковой теплоизоляции образцов. Для решения задачи о неполном промораживании образцов у одного из торцов поддерживается положительная температура. Если промораживаемый образец изолирован от влагообмена с окружающей средой, то в этом случае образец исследуется в условиях «закрытой» системы, в противном случае система считается «открытой».

Продолжительность эксперимента, в зависимости от высоты исследуемого образца и градиента температуры, достигает нескольких суток. В ходе эксперимента могут быть измерены и вычислены такие характеристики, как плотность скелета грунта, пористость, плотность внутреннего, внешнего и суммарного миграционного потока, интенсивность обезвоживания и льдонакопления, общий термодинамический потенциал влаги, а также определены коэффициенты влагопроводности и диффузии влаги. В процессе промерзания можно наблюдать изменение температуры, влажности, величины деформаций и напряжений по глубине образца и по времени.

Величина деформаций может быть измерена путем непосредственного контакта с деформируемым грунтом, при введении датчиков в исследуемый слой или путем измерения деформации без нарушения сплошности породы с помощью ультразвука или же другими методами.

Проведённые нами лабораторные и натурные исследования позволили выявить основные закономерности развития деформаций морозного пучения крупнообломочных грунтов с пылевато-глинистым заполнителем:

1. Повышение процентного содержания пылевато-глинистых частиц в крупнообломочном грунте приводит к изменению его физических свойств, влияющих на его морозоопасность;

2. Смешивание пылевато-глинистых частиц заполнителя с обломочным материалом при наличии влаги приводит к образованию на поверхности обломков коллоидной плёнки, которая при промораживании грунта способствует миграции влаги;

3. Миграция влаги отмечается при наличии заполнителя с начальной влажностью ( $W_p+0.5I_p$ ) свыше 10 % и при дальнейшем увеличении содержания тонкодисперсных частиц миграция влаги усиливается.

4. При промерзании крупнообломочного грунта наличие заполнителя с влажностью ( $W_p+0.5I_p$ ) до 10 % способствует образованию коркового типа криогенных текстур, а при более высоком содержании наблюдается образование текстур корково-шлирового типа;

5. При постоянной температуре промораживания скорость промерзания грунта изменяется обратно пропорционально процентному содержанию заполнителя;

6. Деформации морозного пучения возрастают с увеличением процентного содержания тонкодисперсного заполнителя при неизменной его влажности;

7. Исследование грунта в закрытой системе показывает переход крупнообломочного грунта в морозоопасное состояние при большем процентном содержании заполнителя, чем при открытой системе.

Граница начала пучения крупнообломочных грунтов с пылевато-глинистым заполнителем определяется по трем основным свойствам, влияющим на морозоопасность грунта: по гранулометрическому составу, влажности и степени заполнения межобломочного пространства тонкодисперсным материалом с учетом влажности.

Для определения границы начала пучения по гранулометрическому составу и ее обоснования нами выбран критерий дисперстности, так как этот показатель характеризует водные и пучинистые свойства грунта. В настоящее время установлено, что песчаные и крупнообломочные грунты без заполнителя относятся к морозоопасным при значении критерия дисперстности равном 1. Следовательно, процентное содержание заполнителя, при котором крупнообломочный грунт переходит в морозоопасную систему можно определить, вычислив значения критерия дисперстности при различных процентных содержаниях этого вида заполнителя

Полученные закономерности позволяют правильно оценить морозоопасность крупнообломочного грунта с пылевато-глинистым заполнителем и своевременно предусмотреть противопучинные мероприятия во избежание негативных последствий и аварийных ситуаций.

### **Список литературы:**

1. Грицык В. И. Земляное полотно железных дорог. — М.: Маршрут, — 2005.
2. Орлов В. О., Дубнов Ю. Д., Меренков Н. Д. Пучение промерзающих грунтов и его влияние на фундаменты сооружений. — Л.: Стройиздат, 1977.
3. Соколова О. В., Горковенко Н. Б. Оценка морозоопасности крупнообломочных грунтов с пылевато-глинистым заполнителем. — Основания, фундаменты и механика грунтов — 1997, № 2, — С. 11—15.

## СТРУКТУРА ГОРОДСКОГО ЛАНДШАФТА

*Черныш Наталья Алексеевна*

*канд. архитектуры, доцент ЕНУ им. Л. Н. Гумилева,*

*г. Астана, Казахстан*

*E-mail: [prakrity@mail.ru](mailto:prakrity@mail.ru)*

Ускорение процессов урбанизации и, как следствие, бурный рост городов и городских агломераций позволяет говорить о глобальном влиянии человека на преобразование земной поверхности. Все меньше уголков земли остается в своем естественном природном состоянии, не затронутом человеческой деятельностью. На смену естественно-природному ландшафту приходит антропогенный и городской ландшафт.

А. П. Вергунов дает следующее определение городского ландшафта: «Среди разновидностей культурных ландшафтов особое значение имеет для градостроительного и ландшафтного проектирования городской ландшафт. Он характеризуется сложным взаимосвязанным сочетанием не только природных, но и искусственных компонентов. Это жилые, общественные и производственные здания, хозяйственные, инженерные, транспортные, энергетические сооружения, все элементы благоустройства на улицах и площадях, во дворах, садах и парках и т. д.» [4]

Изучение городского ландшафта, как сверхсложной системы, состоящей из многочисленных компонентов, можно вести в том случае, если сложную систему разбить на ряд более простых структур и выделить наиболее универсальные свойства, такие как:

- способность делиться на подсистемы;
- входить в системы высшего порядка (иерархичность);
- обладать большим содержанием, чем сумма содержания подсистем;
- наличие прямых и обратных связей;
- непрерывность развития;
- структурность, т. е. наличие определенной организации [1].

А введение таких системных понятий, как иерархические уровни, базовые категории, структурные элементы, эталонные нормы позволит вести изучение городского ландшафта комплексно и научно объективно [2].

В соответствии со свойствами системы обладать иерархичностью, в городском ландшафте можно выделить следующие уровни иерархии:

- **макроуровень:** городская агломерация, урбанизированный район, территориально-индустриальный комплекс;
- **мезоуровень:** селитебный ландшафт, индустриальный ландшафт, агроландшафт;
- **микроуровень:** двор, спортивная площадка, пешеходная зона.

Искусственная и естественная часть ландшафта характеризуется наличием прямых и обратных связей, таких, например, как связь между климатом и планировочной структурой города, между рельефом и объемно-пространственной композицией.

Непрерывность развития — также неотъемлемое свойство городского ландшафта. И в связи с этим можно вести речь о деградации или гармонизации городского ландшафта, т. е. об ухудшении или улучшении его свойств.

Для решения главной задачи данного исследования, заключающейся в гармонизации городского ландшафта, наибольший интерес представляет мезоуровень в общей иерархии городских ландшафтов. Для этого среднего уровня предлагается, в рамках распространения методов системно-структурного анализа на изучение городского ландшафта выделить и проанализировать следующие положения:

- ***базовые категории городского ландшафта:***  
а) исторические; б) природные;
- ***структурные элементы городского ландшафта:***  
а) антропогенные; б) природные;
- ***эталонные нормы и функции городского ландшафта;***

Под воздействием целесообразной хозяйственной деятельности человека, такой как сельскохозяйственное освоение земель, строительство дорог, мелиорации и ирригации происходит формирование культурного ландшафта. Первичные элементы, закрепленные в естественном ландшафте человеком в результате его освоения и организации процессов жизнедеятельности, получили название базовых категорий культурного ландшафта. Под базовыми категориями культурного ландшафта А. В. Боков понимает следующее: «Путь, граница, улица, перекресток, угол, ворота — результат целенаправленной человеческой активности, самые действенные инструменты организации ландшафта, к тому же данные поначалу самой природой в образе рек, береговых линий, звериных троп, естественных пределов распространения представителей фауны и флоры, особых мест, ориентиров и т. д.» [3]

Первичные категории культурного ландшафта существуют как архетипы в сознании людей, они определяют как фундаментальные инстинкты, так и стратегию поведения. В результате различных

комбинаций основных категорий культурного ландшафта складывается все его многообразие и формируется реальный каркас его дальнейшего развития.

Категории культурного ландшафта легли в основу дальнейшего развития среды обитания человека и формирования городского ландшафта.

Выявление и изучение базовых категорий городского ландшафта необходимо по нескольким причинам. **Во-первых**, человеческое поселение редко возникает на пустом месте, такое событие, чаще всего, характерно для XX века. В большинстве своем города, поселки, деревни насчитывают не одну сотню лет и имеют каждый свою природно-историческую основу. Любое поселение, так или иначе, связано с каким-либо характерным природным ландшафтом, будь то устье реки, берег моря, предгорье и с определенной исторической ситуацией такой как, например: необходимостью освоения плодородных земель, залежей полезных ископаемых, организацией центров торговли и ремесла в месте пересечения торговых путей. Все это вместе создает базу, на основе которой происходит дальнейшая эволюция человеческого поселения. Выявление этой природно-исторической основы необходимо для понимания градостроительной динамики, т. е. для определения перспективы дальнейшего развития. **Во-вторых**, изучение природно-исторической основы города и базовых категорий необходимо для творческого освоения образцов градостроительного искусства предшествующих эпох, для которых характерно чувство гармоничной связи с природой, с космосом, а также максимально целесообразное освоение городских территорий.

**В-третьих**, выявление базовых категорий позволяет определить существование естественных границ поселений, древних путей и пересечения дорог, а также центров религиозного паломничества, ремесла и торговли. Эти узлы будущего развития городов, пройдя долгий исторический путь, в наши дни являются местами притяжения и закрепления определенных городских функций, таких например, как исторически сложившийся центр, традиционные места торговли — базары, излюбленные места городских праздничных гуляний и зон отдыха. Игнорирование существования таких мест в планировочной структуре города приводит к колоссальным материальным затратам в организации новых центров, зон отдыха и торговли, не пользующихся популярностью у людей и не оправдывающих вложенных в их строительство инвестиций.

Городской ландшафт — сложная многоаспектная система, включающая в себя как природные, так и искусственные компоненты.

Детальное изучение городского ландшафта требует выделения из общего понятия структурных элементов как природного, так и антропогенного характера.

К структурным элементам городского ландшафта, носящим антропогенный характер, можно отнести следующие элементы:

- здания, инженерные сооружения;
- транспортные магистрали, улицы, проезды, тупики;
- перекрестки, транспортные развязки;
- городские площади, курданеры, площади перед отдельными зданиями;
- двory, внутриквартальные пространства;
- искусственное озеленение;
- бульвары, скверы, набережные;
- городской дизайн, реклама, малые архитектурные формы.

К природным структурным элементам городского ландшафта следует отнести следующие элементы:

- различные виды рельефа;
- границы водоразделов;
- территории с различными почвами;
- участки с естественным озеленением;
- водоемы.

Из структурных элементов, как из букв алфавита, складывается все многообразие вариантов городской среды, а качество и комфортность городского ландшафта во многом зависит от качества составляющих его структурных элементов.

Выделенные структурные элементы, являясь частью общей системы, в тоже время сами, представляются сложной многоплановой, многофункциональной структурой, а не чем то элементарным. Как правильно замечает известный австрийский теоретик архитектуры XIX века Камилло Зитте: «... с художественной точки зрения просто незастроенное место — еще не городская площадь. Строго говоря, в этом отношении требуется еще многое — украшение, значение, индивидуальность» [5]. Являясь одним из признанных авторитетов в области теории архитектуры, К. Зитте высказывает большое сожаление об утрате градостроительством художественной выразительности, в угоду технологичности, регулярности и простоты.

Как явление градостроительного искусства, каждый структурный элемент городского ландшафта требует своего детального изучения, анализа исторического развития, классификации и типологизации, выявления художественных и функциональных аспектов, прогнозирования перспектив развития.

Это относится к зданиям, улицам, площадям, дворам, т. е. ко всем выше перечисленным структурным элементам городского ландшафта.

В то же время структурные элементы городского ландшафта призваны выделить и акцентировать наиболее важные объекты городской среды, служить ориентирами, определять иерархию городских пространственных зон, отделяя главное от второстепенного.

Городской ландшафт как искусственная среда обитания, призван удовлетворять многочисленные, все более усложняющиеся потребности людей. Для оптимального решения этой задачи и в соответствии с требованиями предъявляемыми к городской среде, он должен выполнять следующие основные функции в соответствии с эталонными нормами:

- ***социально-градостроительные;***
- ***транспортно-коммуникационные;***
- ***художественно-эстетические;***
- ***психофизиологические;***
- ***природно-экологические;***
- ***обеспечение в своей среде безопасности и ориентации.***

Каждую из функций городского ландшафта можно охарактеризовать следующим образом.

Социально-градостроительная функция городского ландшафта заключается, прежде всего в необходимости удовлетворять потребности людей, исходя из осознания местного образа жизни, обычаев и традиций, возрастных, национальных и групповых предпочтений, для этого в основу принимаемых градостроительных решений, должны быть положены социологические исследования.

Транспортно-коммуникационная функция городского ландшафта состоит в обеспечении кратчайших, удобных, безопасных, экологически чистых связей как внутри однородного ландшафта, так и в общей структуре города.

Создание гармоничной, обладающей высокими художественно-эстетическими качествами среды, одна из основных функций городского ландшафта. Проживать в красивой, эстетичной среде — наиболее древняя потребность человека, прослеживаемая на протяжении всей истории общества.

Человек как существо биосоциальное, обладает конкретными психофизиологическими свойствами. Поэтому, городской ландшафт должен максимально соответствовать этим свойствам, а разработка градостроительных концепций и моделей вестись с учетом достижений новой науки — экологии человека.



От того, на каком уровне выполняется природно-экологическая функция городского ландшафта, зависит физическое и нравственное здоровье людей. Высокие экологические качества городского ландшафта — одно из неперенных условий его существования.

Функция обеспечения безопасности жизни людей и возможности быстро и свободно ориентироваться в городском ландшафте, относится к тем функциям, которые были осознаны специалистами относительно недавно, что не делает эту проблему менее актуальной.

При условии выполнения городским ландшафтом своих основных функций, качество искусственно созданной среды обитания человека, в основном, будет обеспечено.

### **Список литературы:**

1. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте. — М.: Мысль, 1975. — 288 с.: ил.
2. Бертоланфи Л. Общая теория систем. — Сб.: «Системные исследования». — М.: 1969 г.
3. Боков А. В. Категории культурного ландшафта. //Техническая эстетика, № 8, 1982.
4. Вергунов А. П. Архитектурно-ландшафтная организация крупного города. — Л.: Стройиздат, 1982. — 134 с.: ил.
5. Зитте К. Художественные основы градостроительства. — М.: Стройиздат, 1993. — 255 с.: ил.

# **«НАУКА И ТЕХНИКА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ»**

## **Часть II**

Материалы международной заочной научно-практической  
конференции

21 февраля 2012 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 28.02.2012. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 6,625. Тираж 550 экз.

Издательство «Сибирская ассоциация консультантов»  
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605  
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3