

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

УЧЁНЫЙ

ежемесячный научный журнал



12
2012
Том I

ISSN 2072-0297

Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 12 (47) / 2012

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

Члены редакционной коллегии:

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

Ответственный редактор: Шульга Олеся Анатольевна

Художник: Евгений Шишков

Верстка: Павел Бурьянов

*На обложке изображен Афанасий Никитин,
русский путешественник, писатель.*

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

672000, г. Чита, ул. Бутина, 37, а/я 417.

E-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Ваш полиграфический партнер»

127238, Москва, Ильменский пр-д, д. 1, стр. 6

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Громова Н.А., Михеев Н.В.

Подавление процесса фоторождения e^+e^- пар жёстким фотоном в сильном магнитном поле 1

Кислякова Е.В.

Электрическое поле в диэлектриках с неоднородной структурой 6

Пермяков Н.В.

Расширение функциональных возможностей зондов атомно-силовых микроскопов электрохимическими методами 10

МАТЕМАТИКА

Хуитсян Юе, Шайдуров В.В.

Superconvergence of Some Output Functionals for Hermitian Finite Elements 15

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Абдуллаева Г.Х., Худайбергенова Н.И.

Топологическое представление технологического процесса дробления хлопковых семян в маслоэкстракционном производстве 20

Акиньшина В.С., Ключева И.Н.

Модернизация диагностического устройства для измерения физико-биологических характеристик кожи и слизистых оболочек *in vivo* 23

Альмас Г.Ф.

Моделирование многоспектрального метода обнаружения подкожных образований 26

Бауман Е.В., Коц И.В.

Кинетика образования эмульсии в кавитационном диспергаторе битумно-эмульсионной установки 30

Гаврилина О.В.

Основные компоненты структуры исследовательских математических умений старшеклассников 34

Герасименко И.В., Потешкин К.С.

Определение конструктивно-режимных параметров модернизированного щелевателя.. 39

Гордеева А.В.

Плазменно-электролитное формование наноструктурированной связки алмазно-абразивных инструментов 43

Демидова П.М.

Выбор типа модели линейной регрессии для определения кадастровой стоимости садоводческих некоммерческих объединений Ленинградской области 45

Думчев И.С., Ларченко А.Г., Попов С.И.,

Филиппенко Н.Г., Лившиц А.В.
Восстановление полиамидных сепараторов подшипников буксового узла подвижного состава ОАО РЖД 48

Дюнова Д.Н.

Разработка и исследование математической модели процесса цементационной очистки цинковых растворов 51

Егизарьян Д.К.

Метод контроля рафинирования стали в агрегате ковш-печь по параметрам электрического режима 55

Емельянова Т.А., Денисова А.П.

Оценка долговечности новой многослойной конструкции стены малоэтажных зданий 61

Ершов Д.Ю.

Актуальные аспекты диагностирования вибрационных процессов механических систем в машиностроении 64

Зайцев С.Н.

Влияние нейтронов, протонов, электронов и гамма-квантов на вольт-амперные характеристики GaP (Zn-Te (S)-N) светодиодов 67

Канцедалов Д.А., Суркаев А.Л., Гольцов А.С.

Экспериментальное исследование поля давления ударно-акустической волны при электрическом взрыве кольцевой фольги 71

Клюева И.Н., Акиншина В.С.

Метод визуального контроля за процессом заживления ран 73

Копанев А.Е.

Проблемы использования конструкций сборно-монолитного перекрытия 76

Криволапова О.Ю.

Построение архитектуры интеллектуальных транспортных систем 80

Кудрявцев И.В., Барыкин Е.С., Гоцелюк О.Б., Морданов А.О.

Способ расчёта на прочность протяженных тонкостенных конструкций с неосесимметричной формой поперечного сечения 84

Микрюкова Н.В.

Основные аспекты получения функциональных продуктов питания 90

Мохова О.Г.

Исследование работы механизма свободного хода бесступенчатой передачи 93

Некрасов И.В.

Оценка вязкости гетерогенных оксидных расплавов 95

Протевень И.С., Краев В.М.

Исследование диска-крыла в потоке газа, растекающегося от центра 99

Рудницкий О.В.

Исследования битумов, модифицированных окисленным атактическим полипропиленом и другими добавками 103

Строев В.М., Аьмас Г.Ф.

Многоспектральный метод обнаружения подкожных образований 104

Харламов В.В., Шкодун П.К., Сергеев Р.В., Ерошенко А.В., Долгова А.В.

Совершенствование метода оценки механической и электроэрозионной составляющих износа коллектора тяговых электродвигателей 107

Хужакулов А.Ф.

Контактная очистка парафина адсорбентами в сочетании с ультразвуковым воздействием 114

Шибецкий В.Ю.

Влияние гауссовой кривизны подвеса поплавкового гироскопа на упругую податливость в акустическом поле 116

Яргина З.Н., Яргин С.В.

О реконструкции исторического центра Москвы 120

ИНФОРМАТИКА

Дараган Е.И.

Метод выявления информационных связей в программном обеспечении 125

Епифанова В.К.

Анализ ЛВС с множественным доступом с учетом пакетных очередей и характеристики времени доставки пакетов данных 130

Куликов Г.Г., Яковлев Н.Н., Бармин А.А., Бармина О.В.

Использование семантической аннотации для управления требованиями к IT-проектам 133

Мальцева Т.В.

Программное обеспечение на основе web-технологий для поддержки научных мероприятий вуза 139

Меньшиков И.Л., Кудрявцев А.Г.

Обзор систем анализа тональности текста на русском языке 140

Новиков А.Б.

Генетический алгоритм планирования конкурирующих за канал передачи данных пластичных заданий 143

Сергеева Ю.С., Жукова Д.Л.

Анализ информатизации общественной сферы на примере муниципальных образований Восточного территориального округа Красноярского края 146

Усталов Д.А.

Каталоги лингвистических ресурсов: состояние и перспективы 148

ХИМИЯ

Фозилов С.Ф., Атауллаев Ш.Н., Бахромов Х.

Синтез многофункциональных полимеров на основе низкомолекулярного полиэтилена и частично гидролизованного полиакрилонитрила и изучение их депрессорных свойств 153

ГЕОЛОГИЯ

Иоспа А.В.

Лейкоксенизированный ильменит титано-
циркониевых россыпей..... 156

ГЕОГРАФИЯ

**Атаев З.В., Алиханов Н.З., Балгуев А.Т.,
Мусагаджиев М.З.**

Геолого-геоморфологические особенности
района строительства и эксплуатации
Ирганайской гидроэлектростанции
во Внутригорном Дагестане 160

ФИЗИКА

Подавление процесса фоторождения e^+e^- пар жёстким фотоном в сильном магнитном поле

Громова Наталья Алексеевна, младший научный сотрудник;
Михеев Николай Владимирович, доктор физико-математических наук
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

1. Введение

Даная работа посвящена изучению процесса рождения e^+e^- пар при распространении фотона в термальной бане. Задача рассматривается как в условиях отсутствия магнитного поля так и в сильном магнитном поле, напряжённость которого много больше так называемого критического значения $B_e = m^2/e \approx 4.41 \cdot 10^{13} \text{ Гс}$, где m — масса электрона.

Существует целый ряд астрофизических объектов, в которых реализуются экстремальные физические условия ($B \gg B_e$). До недавнего времени считалось, что наиболее сильные магнитные поля существуют в пульсарах — астрофизических объектах, которые ассоциируются с быстро вращающимися нейтронными звёздами. У большинства пульсаров наблюдается уменьшение периода вращения со временем, что обычно связывается с потерями кинетической энергии вращения за счёт магнитодипольного излучения. Тогда для стандартных параметров нейтронных звёзд, $M \approx 1.4M_\odot$, $R \approx 10^6 \text{ см}$, напряжённости магнитного поля у большинства пульсаров не превосходят 10^{12} Гс . Однако в начале 90-х годов была предложена теоретическая модель генерации магнитного поля внутри нейтронной звезды с величиной напряжённости вплоть до 10^{16} Гс [1,2]. Нейтронные звёзды с магнитным полем $B \gg B_e$ получили название «магнитаров». Такое сильное магнитное поле может генерироваться вследствие очень быстрого вращения нейтронной звезды ($P \approx 1 \text{ мс}$) на самых ранних этапах её образования.

Существует ещё один класс астрофизических явлений, в которых, в принципе, может генерироваться сверхсильное магнитное поле. К нему относится процесс взрыва сверхновой типа II. Сверхновые этого типа связывают с молодыми массивными звёздами. Поэтому вспышки сверхновых считаются конечной стадией эволюции звёзд с массой $8-10 M_\odot$. На этой стадии вначале происходит коллапс, а затем сброс оболочки с образованием остатка в виде нейтронной звезды или черной дыры.

В условиях сильного магнитного поля некоторые процессы, кинематически запрещенные в вакууме, становятся допустимыми. Среди них следует указать распад фотона на e^+e^- пару, который может быть ответственен за рождение e^+e^- плазмы. В ряде работ [3, 4] показано, что в условиях сильного ($B \gg B_e$) магнитного поля данный процесс может быть подавлен по сравнению с процессом распада фотона на пару более мягких фотонов: $\gamma \rightarrow \gamma\gamma$, который также запрещен в вакууме. Это имеет место, даже, несмотря на то, что однофотонное рождение пары является процессом первого порядка по теории возмущений, а распад фотона на пару фотонов третьего. Следует отметить, однако, что если фотон движется под острым углом к магнитному полю B так, что $q_\parallel^2 = \omega^2 - q_\perp^2 < 4m^2$ (ось z направлена вдоль поля), то процесс $\gamma \rightarrow e^+e^-$ оказывается кинематически запрещен. Обычно полагается, что при движении фотона в магнитном поле с искривленными силовыми линиями угол между векторами q и B увеличивается и q_\perp уменьшается так, что q_\parallel^2 могло бы превысить пороговое значение $4m^2$. Однако, как было отмечено в работах [5–8], учет дисперсии фотона в сильном магнитном поле приводит к специфическому явлению захвата фотона магнитным полем. Таким образом, если фотон родился в кинематической области $q_\parallel^2 < 4m^2$, он в ней и останется, несмотря на искривление силовых линий магнитного поля.

В связи с этим становится интересным процесс столкновения фотона, летящего под острым углом к магнитному полю ($q_\parallel^2 < 4m^2$), с мягким термальным фотоном в сильном магнитном поле. В данной работе рассматривается процесс

¹ Все вычисления проводятся в естественной системе единиц $c = \hbar = k = 1$, $e > 0$ — элементарный заряд.

рождения e^+e^- пары фотоном большой энергии при его распространении в термальной бане как в условиях без поля так и в сильном магнитном поле. В ходе исследования произведён расчёт вероятности рождения e^+e^- пары в единицу времени. Вычислена длина свободного пробега фотона высокой энергии, распространяющегося сквозь термодинамически равновесный фотонный газ вдоль силовых линий магнитного поля так, что процесс распада $\gamma \rightarrow e^+e^-$ запрещён кинематически. Показано, что сильное магнитное поле оказывает подавляющее влияние на данный процесс.

2. Рождение e^+e^- пар фотоном в термальной бане в отсутствии магнитного поля

В настоящей главе мы рассмотрим процесс рождения e^+e^- пар при прохождении фотона высокой энергии ($\omega \gg eB$) сквозь термодинамически равновесный фотонный газ с температурой T в отсутствии магнитного поля. Данный процесс

$\gamma(q) + \gamma'(q') \rightarrow e^-(p) + e^+(p')$ изображается двумя диаграммами Фейнмана (см. рис. 1).

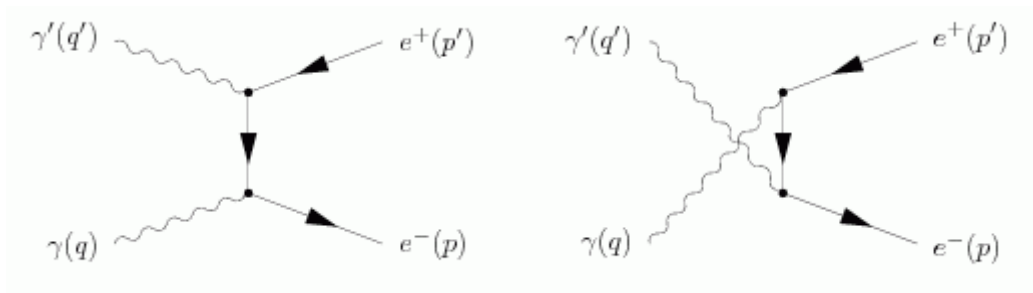


Рис. 1. Диаграммы Фейнмана, описывающие процесс $\gamma \gamma' \rightarrow e^- e^+$

Амплитуды, соответствующие диаграммам, имеют вид:

$$M^{(1)} = e^2 \bar{U}(p) \hat{\varepsilon}(q) \frac{\hat{p} - \hat{q} + m}{(p - q)^2 - m^2} \hat{\varepsilon}(q') U(-p'), \quad (1)$$

$$M^{(2)} = e^2 \bar{U}(p) \hat{\varepsilon}(q') \frac{\hat{p} - \hat{q}' + m}{(p - q')^2 - m^2} \hat{\varepsilon}(q) U(-p'), \quad (2)$$

где $\varepsilon_{\alpha}^{(\lambda')} (q')$ – вектора поляризации фотонов, $\hat{\varepsilon} = (\varepsilon_{\mu} \gamma^{\mu})$, γ^{μ} – матрицы Дирака, $U(p)$ биспинор, описывающий электрон, а черта в обозначении $\bar{U}(p)$ – дираковски сопряжённый биспинор.

Квадрат амплитуды процесса удобно сформулировать в терминах инвариантных переменных Мандельштама:

$$s = (q + q')^2, \quad t = (q - p)^2, \quad u = (q - p')^2$$

$$\sum_{\lambda, \lambda', i, i'} \frac{|M^{(1)} + M^{(2)}|^2}{4} = 8e^4 \left[\left(\frac{m^2}{u - m^2} + \frac{m^2}{t - m^2} \right)^2 + \frac{m^2}{u - m^2} + \frac{m^2}{t - m^2} - \frac{1}{4} \left(\frac{u - m^2}{t - m^2} + \frac{t - m^2}{u - m^2} \right) \right], \quad (3)$$

здесь ведётся суммирование по поляризациям электронов i, i' и усреднение по поляризациям фотонов λ, λ' .

Нетрудно найти сечение данного процесса:

$$\sigma(v) = \pi r_0^2 v (1 - v^2) \left(\frac{3 - v^4}{2v} \ln \frac{1 + v}{1 - v} - 2 + v^2 \right), \quad (4)$$

здесь $r_0^2 = \frac{\alpha^2}{m^2}$, α – постоянная тонкой структуры, а переменная $v = \sqrt{1 - \frac{4m^2}{s}}$ имеет физический смысл скорости электрона (позитрона) в системе центра инерции.

Зная выражение для сечения $\sigma(v)$ можно получить вероятность процесса фоторождения e^-e^+ в единицу времени:

$$W_{\gamma(q)\gamma'(q')\rightarrow e^-(p)e^+(p')}^0 = \frac{2}{(2\pi)^3} \int \frac{d^3 q'(qq')}{\omega\omega'} \sigma(v) f(\omega'), \quad (5)$$

где индекс «0» означает, что расчет производится без учета магнитного поля, ω и ω' — энергии начальных жесткого и термального фотонов соответственно, а $f(\omega') = \frac{1}{e^{\frac{\omega'}{T}} - 1}$ равновесная функция распределения фотонов с температурой T по энергиям.

Для изотропного термального распределения задача значительно упрощается и вероятность процесса без учёта магнитного поля в единицу времени можно представить в виде однократного интеграла:

$$W_{\gamma(q)\gamma'(q')\rightarrow e^-(p)e^+(p')}^0 = \frac{4\alpha^2}{\pi} \left(\frac{T}{m} \right)^3 m F^0(\beta), \quad (6)$$

где

$$F^0(\beta) = \beta^2 \int_0^1 \frac{v^2 dv}{(1-v^2)^2} \ln \left(\frac{1}{1 - e^{-\frac{\beta}{1-v^2}}} \right) [(3-v^4)l(v) - 2 + v^2], \quad (7)$$

здесь введены переменная $\beta = \frac{m^2}{\omega T}$, и функция $l(v) = \frac{1}{2v} \ln \frac{1+v}{1-v}$.

3. Рождение e^+e^- пар жестким фотоном в замагниченной термальной бане

В этой главе нами рассматривается процесс $\gamma(q) + \gamma'(q') \rightarrow e^-(p) + e^+(p')$ при распространении жесткого фотона в замагниченной термальной бане под острым углом к силовым линиям магнитного поля так, что выполняется условие $q_{\parallel}^2 < m^2$. Данный процесс изображается теми же диаграммами (рис. 1), однако, в данном случае волновые функции электронов описываются решениями уравнения Дирака в магнитном поле. В пределе сильного магнитного поля электроны и позитроны занимают основной уровень Ландау и выражения, описывающие их волновые функции, значительно упрощаются. Мы используем калибровку $A_{\mu} = (0, 0, xB, 0)$, где магнитное поле направлено вдоль оси z .

Используя результаты работы [9], в которой исследовался процесс комптоновского рассеяния фотона на электроне, амплитуды рассматриваемого процесса могут быть представлены в виде:

$$M_{11} \approx \frac{8i\pi\alpha m}{eB} \frac{(q\varphi q')(q\tilde{\varphi}q')}{\sqrt{Q_{\parallel}^2 q_{\parallel}^2 q_{\parallel}'^2}} \quad (8)$$

$$M_{12} \approx \frac{8i\pi\alpha m}{eB} \frac{(q\Lambda q')(q'\tilde{\Lambda}Q)}{\sqrt{Q_{\parallel}^2 q_{\perp}^2 q_{\parallel}'^2}} \quad (9)$$

$$M_{21} \approx -\frac{8i\pi\alpha m}{eB} \frac{(q\Lambda q')(q\tilde{\Lambda}Q)}{\sqrt{Q_{\parallel}^2 q_{\parallel}^2 q_{\perp}'^2}} \quad (10)$$

$$M_{22} \approx \frac{16\pi\alpha m \sqrt{Q_{\parallel}^2 q_{\parallel}^2 q_{\parallel}'^2} v}{(q\tilde{\Lambda}q')^2 - v^2 (q\tilde{\varphi}q')^2} \times \quad (11)$$

$\left(1 - \frac{q_{\perp}^2 + q_{\perp}'^2}{4eB} + i \frac{(q\varphi q')(q\tilde{\varphi}q')}{2eBvQ_{\parallel}^2 q_{\parallel}^2 q_{\parallel}'^2} \times [(q\tilde{\Lambda}q')^2 - 4m^2(q\tilde{\Lambda}q') - v^2(q\tilde{\varphi}q')^2] \right)$
 где $v = \sqrt{1 - 4m^2/Q_{\parallel}^2}$, $Q = q + q'$, $Q_{\parallel}^2 = (q + q')_{\parallel}^2$, $\varphi = \frac{F_{\alpha\beta}}{B}$, $\tilde{\varphi} = \frac{\tilde{F}_{\alpha\beta}}{B}$, $F_{\alpha\beta}$ — тензор электромагнитного поля, а $\tilde{F}_{\alpha\beta} = \frac{1}{2} \varepsilon_{\alpha\beta\mu\nu} F^{\mu\nu}$ дуальный ему тензор. $\Lambda_{\alpha\beta} = (\varphi\varphi)_{\alpha\beta}$, $\tilde{\Lambda}_{\alpha\beta} = (\tilde{\varphi}\tilde{\varphi})_{\alpha\beta}$ связаны соотношением

$\tilde{\Lambda}_{\alpha\beta} - \Lambda_{\alpha\beta} = g_{\alpha\beta} = \text{diag}(1, -1, -1, -1)$. В данном выражении использовалось разложение 4-вектора на продольную и поперечную компоненты: $q_{\parallel} = (\omega, 0, 0, q_z)$, $q_{\perp} = (0, q_x, q_y, 0)$, $q^2 = q_{\parallel}^2 - q_{\perp}^2$. Индекс у амплитуды соответствует поляризациям фотонов, участвующих во взаимодействии. Первый индекс соответствует поляризации жесткого фотона, второй — поляризации термального фотона.

Напомним, что мы рассматриваем случай, когда жесткий фотон движется под острым углом к силовым линиям магнитного поля ($0 < \theta < \frac{2m}{\omega}$) так, что $q_{\parallel}^2 < 4m^2$ и процесс $\gamma \rightarrow e^+e^-$ кинематически запрещен. В данной кинематической области имеет место «захват» фотона силовыми линиями магнитного поля [5–8].

Для того чтобы найти вероятность рождения e^+e^- пар в единицу времени жестким фотоном в термальной бане, необходимо просуммировать по всем возможным квантовым состояниям выражение:

$$W_{\lambda\lambda'}^B = \int \frac{|S_{if}|^2}{\tau} dn_{e^-} dn_{e^+} dn_{\gamma'}, \quad (12)$$

где τ — полное время взаимодействия, $dn_{e^-} = \frac{dp_2 dp_3 L_2 L_3}{(2\pi)^2}$, $dn_{e^+} = \frac{dp'_2 dp'_3 L_2 L_3}{(2\pi)^2}$, $dn_{\gamma'} = \frac{d^3 q'}{(2\pi)^3} V f(\omega')$. S — матричный элемент и амплитуда процесса $\gamma + \gamma' \rightarrow e^- e^+$ в сильном магнитном поле связаны соотношением:

$$\frac{S_{if}}{(2\pi)^3} = i \frac{\delta^2(Q_{\parallel} - p_{\parallel} - p'_{\parallel}) \delta(Q_2 - p_2 - p'_2)}{\sqrt{2\omega V 2\omega' V 2p_0 L_2 L_3 2p'_0 L_2 L_3}} M_{\lambda\lambda'}, \quad \lambda, \lambda' = 1, 2 \quad (13)$$

Интегрирование по $dn_{e^-} = \frac{dp_2 dp_3 L_2 L_3}{(2\pi)^2}$ и dn_{e^+} не вызывает затруднений, а интегрирование по импульсам термальных фотонов $dn_{\gamma'} = \frac{d^3 q'}{(2\pi)^3} V \frac{1}{e^{\frac{\omega'}{T}} - 1}$ в том случае, когда они имеют поляризацию $\mathcal{E}_\alpha^{(2)}$ усложняется. Это связано с тем, что закон дисперсии таких фотонов в сильном магнитном поле отличается от вакуумного, что изменяет фазовый объем. Вычисления вероятностей процессов с участием фотонов с поляризацией $\mathcal{E}_\alpha^{(1)}$ дают следующий результат:

$$W_{11}^B \approx W_{21}^B \approx \frac{\pi^2 \alpha^2 T^2 B_e}{6\omega B} \quad (14)$$

$$W_{12}^B \approx W_{22}^B.$$

В случае, когда оба фотона имеют поляризацию $\mathcal{E}_\alpha^{(2)}$, вероятность процесса в единицу времени можно представить в виде однократного интеграла:

$$W_{22}^B \approx \alpha^2 \frac{B_e}{B} \left(\frac{T}{m} \right)^3 m F^B(\beta), \quad (15)$$

$$F^B(\beta) = -2\beta^2 \int_0^1 \ln(1 - e^{-\frac{\beta}{1-v^2}}) \frac{dv}{(1-v^2)^2}, \quad (16)$$

где $\beta = \frac{m^2}{\omega T}$. Если жесткий фотон имеет достаточно большую энергию, чтобы выполнялось условие $\beta \ll 1$, справедливо разложение:

$$W_{22}^B \approx \alpha^2 \frac{B_e}{B} \frac{T^2}{\omega} \left[\frac{\pi^2}{6} + \left(\ln 2 - \frac{1}{2} \right) \beta \ln \beta + \frac{1}{4} \beta \ln^2 \beta \right] \quad (17)$$

Таким образом, для вероятности в единицу времени процесса рождения $e^- e^+$ пары неполяризованным жестким фотоном на термальном фотонном газе получаем:

$$W_{q_{\parallel}^2 < 4m^2}^B = \frac{1}{2} (W_{11}^B + W_{21}^B) + \frac{1}{2} (W_{12}^B + W_{22}^B) \approx \frac{\pi^2}{3} \alpha^2 \frac{B_e}{B} \left(\frac{T}{m} \right)^3 m \beta, \quad \beta \ll 1. \quad (18)$$

Если сравнить выражения для вероятностей процесса в отсутствии поля (6) и в сильном магнитном поле (18) не трудно видеть, что сильное магнитное поле увеличивает длину пробега, т.е. подавляет рассматриваемый процесс фоторождения e^-e^+ пар. Для оценки фактора подавления можно использовать отношение длин свободного пробега:

$$R(\beta) = \frac{1}{2} \frac{B}{B_e} \frac{F^0(\beta)}{F^B(\beta)}, \quad (19)$$

где функции $F^0(\beta)$ и $F^B(\beta)$ определены формулами (7) и (16). Зависимость фактора подавления R от энергии фотона для $B = 100B_e$ и $B = 1000B_e$ приведена на рис. 2.

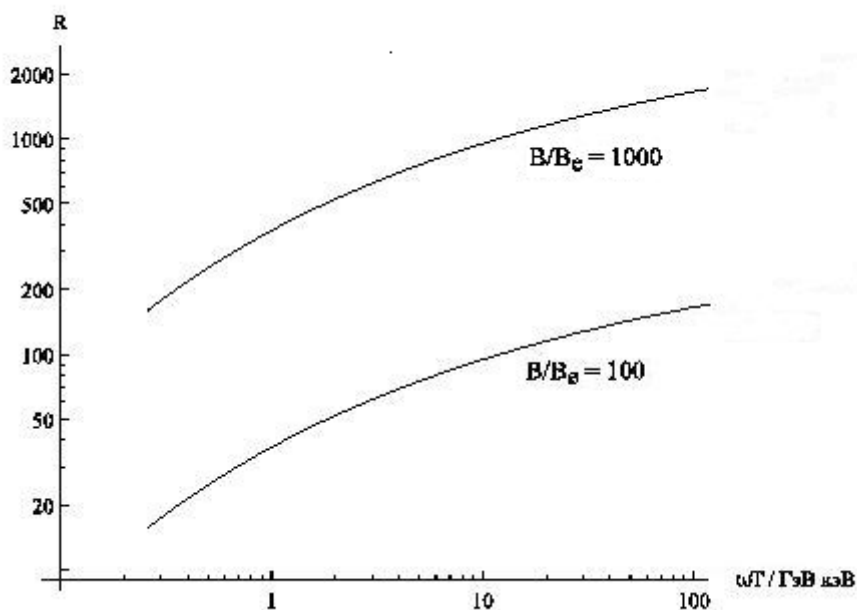


Рис. 2. Зависимость фактора подавления процесса $\gamma \rightarrow e^-e^+$ от энергии фотона в сильном магнитном поле

4. Заключение

В данной работе рассматривалась задача о рождении e^-e^+ пар при распространении фотона высокой энергии, движущегося под острым углом к силовым линиям сильного магнитного поля через фотонный газ. Был изучен процесс рождения e^-e^+ пар фотоном большой энергии ($\omega \gg eB$) при его распространении в термальной бане как в условиях без поля так и в сильном магнитном поле. Вычислены вероятности рождения e^-e^+ пары в единицу времени (6) и (18). Сравнение выражений для вероятностей процесса в отсутствии поля (6) и в сильном магнитном поле (18) показало, что сильное магнитное поле подавляет рождение e^-e^+ пар. Построен график зависимости фактора подавления R от энергии начального фотона ω .

Литература:

1. Duncan R.C., Thompson C. Formation of very strongly magnetized neutron stars: implications for gamma-ray bursts // *Astrophys. J.* 1992.V. 392, № 1.P. L9-L13.
2. Thompson C., Duncan R.C. Neutron star dynamos and the origins of pulsar magnetism // *Astrophys. J.* 1993.V. 408, № 1.P.194–217.
3. M.G. Baring, A.K. Harding, Radio Quiet Pulsars with Ultrastrong Magnetic Fields, *Astrophys. J.* (1998) Vol. 507. L55-L58.
4. M.G. Baring, A.K. Harding, Photon Splitting and Pair Creation in Highly Magnetized Pulsars, *Astrophys. J.* (2001) Vol. 547. P. 929–948.
5. А.Е. Шабад, Поляризация вакуума и квантового релятивистского газа во внешнем поле, Тр. ФИАН СССР «Поляризационные эффекты во внешних калибровочных полях», Наука, Москва (1988) Т. 192.
6. А.Е. Shabad, Cyclotronic Resonance in the Vacuum Polarization, *Lett. Nuovo Cimento* (1972) Vol. 3, N 11, P. 457–460.

7. A.E. Shabad, V.V. Usov, γ -Quanta capture by magnetic field and pair creation suppression in pulsars, Nature (1982) Vol. 295, P. 215–217.
8. В.В. Усов, А.Е. Шабад, Светопозитроний в магнитосфере пульсара, Письма в ЖЭТФ (1985) Т. 42, С. 17–20.
9. D.A. Romyantsev, M.V. Chistyakov, Compton Effect in Strongly Magnetized Plasma, International Journal of Modern Physics A (2009) Vol. 24, P. 3995–4008.
10. Kuznetsov A.V., Mikheev N.V.: Electroweak Processes in External Electromagnetic Fields. New York: Springer-Verlag, 2003.

Электрическое поле в диэлектриках с неоднородной структурой

Кислякова Елена Васильевна, кандидат педагогических наук, доцент
Смоленский государственный университет

Поляризационные процессы в неоднородных диэлектриках лежат в основе многих явлений, происходящих в изоляционной системе высоковольтных трансформаторов и позволяющих оценивать их состояние и срок службы. Вследствие применения электроизоляционных материалов с различными диэлектрическими свойствами и наличия включений изоляция высоковольтного оборудования имеет неоднородную структуру. У силовых трансформаторов неоднородность образуется за счет чередующихся слоев твердой (электротехнический картон) и жидкой (трансформаторное масло) изоляции, газонаполненных сферических включений и др. [1, с. 17].

Рассмотрим более подробно, как изменяется внешнее электрическое поле в диэлектриках с неоднородной структурой.

1. Электрическое поле в двухслойном диэлектрике в случае отсутствия токов проводимости

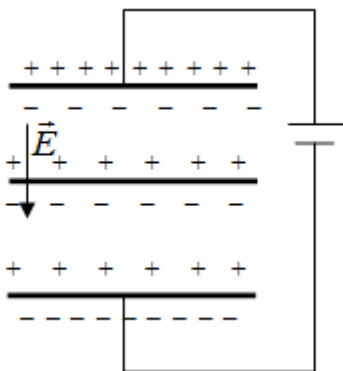


Рис. 1

Поместим двухслойный диэлектрик между обкладками плоского конденсатора. Введем обозначения: толщина первого слоя диэлектрика d_1 , диэлектрическая проницаемость ϵ_1 , второго слоя соответственно d_2 и ϵ_2 . Будем рассматривать идеальный случай, когда ток проводимости отсутствует и проводимости слоев диэлектрика равны нулю $\lambda_1 = \lambda_2 = 0$.

Зарядим конденсатор, подключив к его обкладкам источник постоянного напряжения U . На обкладках конденсатора появятся заряды противоположных знаков (рис. 1), которые создадут электрическое поле $E = \frac{U}{d}$, где $d = d_1 + d_2$ — расстояние между обкладками конденсатора.

Диэлектрик, находясь в электрическом поле, созданном обкладками конденсатора, поляризуется и на его границах появляются связанные заряды. Эти заряды создают собственное электрическое поле, которое направлено противоположно внешнему полю и поэтому должно его ослаблять. Вычислим электрические поля E_1 и E_2 в слоях диэлектрика.

Так как разность потенциалов на границах первого слоя диэлектрика $U_1 = E_1 \cdot d_1$, второго слоя диэлектрика $U_2 = E_2 \cdot d_2$, а разность потенциалов между обкладками конденсатора $U = U_1 + U_2$, то

$$U = E_1 d_1 + E_2 d_2. \quad (1)$$

Величина вектора электрического смещения D не зависит от среды, в которой создается электрическое поле, поэтому $D_1 = D_2$, следовательно:

$$\varepsilon_1 E_1 = \varepsilon_2 E_2. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1) и (2), получим выражения для электрических полей в слоях диэлектрика:

$$E_1 = \frac{\varepsilon_2(d_1 + d_2)}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} \cdot E, \quad E_2 = \frac{\varepsilon_1(d_1 + d_2)}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} \cdot E. \quad (3)$$

Таким образом, электрические поля в слоях диэлектрика зависят от толщины слоев и их диэлектрических проницаемостей.

Рассмотрим частный случай, когда $d_1 \ll d_2$ и уравнения (3) переходят в (4):

$$E_1 \approx \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \cdot E, \quad E_2 \approx E. \quad (4)$$

Если между слоями электротехнического картона ($\varepsilon_2 = 4$) находится тонкий слой трансформаторного масла ($\varepsilon_1 = 2,75$) [1, с. 18], то напряженность электрического поля в масле $E_1 = \frac{4}{2,75} E = 1,45 E$, то есть в тонкой прослойке масла электрическое поле увеличивается в 1,45 раза. Если же слои электротехнического картона разделены тонкой воздушной прослойкой ($\varepsilon_g = 1$), то напряженность электрического поля в воздухе $E_1 = 4 E$, то есть увеличивается в 4 раза.

2. Электрическое поле в двухслойном диэлектрике при наличии токов проводимости

Перейдем от идеального случая к реальному, когда слои диэлектрика обладают удельными проводимостями λ_1 и λ_2 соответственно.

Плотность тока в диэлектрике j может быть определена как сумма плотности тока проводимости λE и плотности тока смещения $\varepsilon \varepsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t}$. Тогда для первого и второго диэлектриков получим соответственно: $j_1 = \lambda_1 \cdot E_1 + \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_1}{\partial t}$ и $j_2 = \lambda_2 \cdot E_2 + \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_2}{\partial t}$.

Так как слои диэлектрика можно рассматривать как соединенные последовательно, то $j_1 = j_2$, и, следовательно

$$\lambda_1 \cdot E_1 + \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_1}{\partial t} = \lambda_2 E_2 + \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_2}{\partial t}. \quad (5)$$

Для нахождения электрических полей в слоях диэлектрика решим систему уравнений (1) и (5), в результате получим:

$$E_1 = C \cdot \exp\left[-\frac{\lambda_1 \cdot d_2 + \lambda_2 \cdot d_1}{(\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1) \cdot \varepsilon_0} \cdot t\right] + \frac{\lambda_2(d_1 + d_2)}{\lambda_1 d_2 + \lambda_2 \cdot d_1} E.$$

Коэффициент C определим из начальных условий: при $t = 0$ $E_1 = \frac{\varepsilon_2(d_1 + d_2)}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} E$. Тогда $C = \frac{\varepsilon_2(d_1 + d_2)}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} E - \frac{\lambda_2(d_1 + d_2)}{\lambda_2 d_1 + \lambda_1 d_2} E$ и для электрического поля внутри первого слоя диэлектрика получим формулу:

$$E_1 = E \cdot \left(\frac{\varepsilon_2(d_1 + d_2)}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} - \frac{\lambda_2(d_1 + d_2)}{\lambda_2 d_1 + \lambda_1 d_2} \right) \cdot \exp\left[-\frac{\lambda_1 \cdot d_2 + \lambda_2 \cdot d_1}{(\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1) \cdot \varepsilon_0} \cdot t\right] + E \cdot \frac{\lambda_2(d_1 + d_2)}{\lambda_1 d_2 + \lambda_2 \cdot d_1}. \quad (6)$$

Аналогичная формула получается для электрического поля внутри второго слоя диэлектрика:

$$E_2 = E \cdot \left(\frac{\varepsilon_1(d_1 + d_2)}{\varepsilon_2 d_1 + \varepsilon_1 d_2} - \frac{\lambda_1(d_1 + d_2)}{\lambda_2 d_1 + \lambda_1 d_2} \right) \cdot \exp\left[-\frac{\lambda_1 \cdot d_2 + \lambda_2 \cdot d_1}{(\varepsilon_1 d_2 + \varepsilon_2 d_1) \cdot \varepsilon_0} \cdot t\right] + E \cdot \frac{\lambda_1(d_1 + d_2)}{\lambda_1 d_2 + \lambda_2 \cdot d_1}. \quad (7)$$

По прошествии большого промежутка времени ($t \rightarrow \infty$), когда конденсатор полностью зарядится, для электрических полей в слоях диэлектрика получим следующие формулы [2, с. 13]:

$$E_1 = \frac{\lambda_2(d_1 + d_2)}{\lambda_1 d_2 + \lambda_2 \cdot d_1} \cdot E, \quad E_2 = \frac{\lambda_1(d_1 + d_2)}{\lambda_1 d_2 + \lambda_2 \cdot d_1} \cdot E. \quad (8)$$

Рассмотрим частный случай, когда $d_1 \ll d_2$ и уравнения (8) переходят в уравнения (9):

$$E_1 \approx \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \cdot E, \quad E_2 \approx E. \quad (9)$$

Если между слоями электротехнического картона ($\lambda_2 = 10^{-11} - 10^{-12} (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$) находится тонкий слой трансформаторного масла ($\lambda_1 = 10^{-10} - 10^{-13} (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$) [3, с. 169], то напряженность электрического поля в масле $E_1 = \frac{10^{-11} - 10^{-12}}{10^{-10} - 10^{-13}} E = (0,1 - 10) E$. Таким образом, в соответствии с теоретическим расчетом, электрическое поле в масле может в 10 раз превышать внешнее электрическое поле.

3. Электрическое поле в трехслойном диэлектрике в случае отсутствия токов проводимости

Перейдем от конденсатора с двухслойным диэлектриком к более сложной ситуации — конденсатору с трехслойным диэлектриком. Толщина третьего слоя диэлектрика d_3 , диэлектрическая проницаемость ε_3 . Сначала рассмотрим простой случай, когда проводимость слоев диэлектрика $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0$ и ток проводимости отсутствует. Тогда уравнения (1) и (2) преобразуются соответственно в уравнения (10) и (11):

$$U = E_1 d_1 + E_2 d_2 + E_3 d_3, \quad (10)$$

$$\varepsilon_1 E_1 = \varepsilon_2 E_2 = \varepsilon_3 E_3. \quad (11)$$

Решая систему уравнений (10) и (11) получим систему уравнений (12):

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{\varepsilon_2 \cdot \varepsilon_3 \cdot (d_1 + d_2 + d_3)}{\varepsilon_2 \varepsilon_3 d_1 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 d_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 d_3} E, \\ E_2 &= \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_3 \cdot (d_1 + d_2 + d_3)}{\varepsilon_2 \varepsilon_3 d_1 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 d_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 d_3} E, \\ E_3 &= \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot (d_1 + d_2 + d_3)}{\varepsilon_2 \varepsilon_3 d_1 + \varepsilon_1 \varepsilon_3 d_2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 d_3} E. \end{aligned} \quad (12)$$

Аналогично ситуации с двухслойным диэлектриком рассмотрим частный случай, когда $d_1 \ll d_2$ и $d_3 \ll d_2$, тогда уравнения (12) переходят в уравнения (13):

$$E_1 \approx \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1} \cdot E, \quad E_2 \approx E, \quad E_3 \approx \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_3} E. \quad (13)$$

Пусть слой электротехнического картона ($\varepsilon_2 = 4$) находится между тонкими слоями трансформаторного масла ($\varepsilon_1 = \varepsilon_3 = 2,75$), тогда напряженность электрического поля в слоях масла будет равна $E_1 = E_3 = \frac{4}{2,75} E = 1,45 E$. Полученный результат согласуется со значением электрического поля в одиночном тонком слое масла, примыкающем к электротехническому картону.

4. Электрическое поле в трехслойном диэлектрике при наличии токов проводимости

Перейдем от идеального случая к реальному, когда слои диэлектрика обладают удельными проводимостями λ_1 , λ_2 и λ_3 соответственно. Тогда вместо уравнения (5) получим систему из двух уравнений:

$$\begin{aligned}\lambda_1 \cdot E_1 + \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_1}{\partial t} &= \lambda_2 E_2 + \varepsilon_2 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_2}{\partial t}, \\ \lambda_1 \cdot E_1 + \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_1}{\partial t} &= \lambda_3 E_3 + \varepsilon_3 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E_3}{\partial t}\end{aligned}\quad (14)$$

Решая систему уравнений (10) и (14) можно получить выражения для электрических полей в трехслойном диэлектрике. Однако решение системы уравнений для трехслойного диэлектрика достаточно сложно и громоздко, поэтому ограничимся рассмотрением частного случая.

Пусть слой электротехнического картона, предназначенный для трансформаторов с масляным наполнением, толщиной $d_2 = 6 \text{ мм}$ [4], диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_2 = 4$ и средней проводимостью $\lambda_2 = 10^{-11} (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$ окружен с двух сторон тонкими слоями трансформаторного масла толщиной $d_1 = 0,5 \text{ мм}$, диэлектрической проницаемостью $\varepsilon_1 = 2,75$, удельной проводимостью $\lambda_1 = 10^{-13} (\text{Ом} \cdot \text{м})^{-1}$. Решая систему дифференциальных уравнений (10), (14) численно для данного частного случая получим, что напряженность электрического поля в тонких слоях трансформаторного масла $E_1 = E_3 \approx 10 E$, то есть в 10 раз превышает напряженность внешнего электрического поля.

5. Электрическое поле в газонаполненных сферических включениях

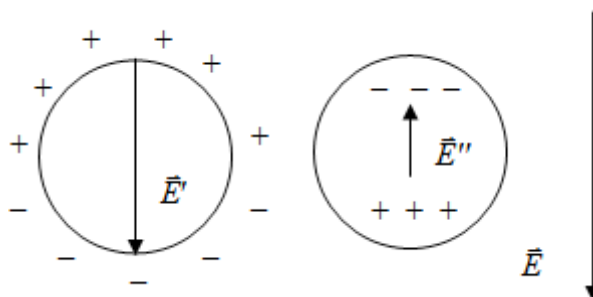


Рис. 2

Рассмотрим, как изменяется внешнее электрическое поле внутри газонаполненных сферических включений, например воздушных пор в масляном или бумажном слоях изоляции. На внешних границах поры, вследствие поляризации и ориентации дипольных моментов молекул диэлектрика по направлению внешнего поля, появляются связанные заряды. Эти заряды создают электрическое поле, нормальная составляющая напряженности которого внутри поры будет равна E' и сонаправлена с внешним полем (рис. 2). Поэтому внутри полости будет существовать электрическое поле $E_0 = E + E'$.

Так как газ, которым заполнена пора, является диэлектриком, то он тоже будет поляризоваться и на внутренней границе полости появятся связанные заряды (рис. 2). Эти связанные заряды создадут электрическое поле E'' , нормальная составляющая которого направлена против поля E_0 . Таким образом, внутри газовой поры будет существовать электрическое поле $E_2 = E_0 - E'' = E + E' - E''$.

Для нахождения напряженности электрического поля внутри газонаполненного сферического включения воспользуемся формулой (15) [5, с. 151]:

$$E_1 = \frac{3\varepsilon_2}{\varepsilon_1 + 2\varepsilon_2} E, \quad (15)$$

где ε_1 — диэлектрическая проницаемость газа, заполняющего пору, ε_2 — диэлектрическая проницаемость внешнего диэлектрика.

Пусть сферическая пора, заполненная воздухом с $\varepsilon_1 \approx 1$, находится в трансформаторном масле с $\varepsilon_2 = 2,75$, тогда напряженность электрического поля в поре составит $E_1 = \frac{3 \cdot 2,75}{1 + 2 \cdot 2,75} E = 1,27 E$. Если сферическая пора, заполненная воздухом ($\varepsilon_1 \approx 1$), находится в бумажном слое изоляции ($\varepsilon_2 = 4$), то напряженность электрического поля в воздухе $E_1 = \frac{3 \cdot 4}{1 + 2 \cdot 4} E = 1,33 E$. Таким образом, напряженность электрического поля внутри газонаполненного сферического включения будет больше, чем напряженность внешнего электрического поля.

Вывод. Вопреки распространенному мнению, в соответствии с которым внешнее электрическое поле в диэлектрике ослабляется, в диэлектриках с неоднородной структурой внешнее электрическое поле может усиливаться. В

тонких слоях неоднородного диэлектрика, расположенных перпендикулярно к направлению поля, а также в газонаполненных сферических включениях электрическое поле может в несколько раз превышать внешнее. Данное явление негативно сказывается на качестве электроизоляционной системы высоковольтных трансформаторов и может приводить к возникновению таких нежелательных дефектов, как частичные разряды и пробой электроизоляционных промежутков. Образование воздушных пор в бумажной составляющей изоляции может приводить к возникновению частичных разрядов в воздушных промежутках, и, как следствие, разрушению структуры целлюлозы и повреждению изоляции.

Литература:

1. Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностировании высоковольтного оборудования. — Новосибирск: Наука, 2007. — 155 с.
2. Сканиви Г.И. Физика диэлектриков (область слабых полей) Т. 1. — М.: Государственное изд-во Технической литературы, 1949. — 500 с.
3. Колесов С.Н., Колесов И.С. Материаловедение и технология конструкционных материалов. — М.: Высшая школа, 2004. — 519 с.
4. ГОСТ 4194–88. Картон электроизоляционный для трансформаторов и аппаратов с масляным заполнением. Технические условия.
5. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. — М.: Высшая школа, 1983. — 463 с.

Расширение функциональных возможностей зондов атомно-силовых микроскопов электрохимическими методами

Пермяков Никита Вадимович, аспирант

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

При исследовании современных полупроводниковых структур и материалов необходимы методы диагностики, позволяющие с высокой локальностью изучать рельеф поверхности и ее различные свойства. Такие возможности предоставляет семейство методов сканирующей зондовой микроскопии [1–2], особенно, атомно-силовая микроскопия (АСМ).

Для проведения исследований материалов с различными свойствами предъявляются специальные требования к рабочим параметрам зондов и методикам на основе АСМ. Так, при исследовании эпитаксиальных слоев материалов с низкими значениями постоянных упругости, например халькогенидов свинца, в контактных режимах атомно-силовой микроскопии (например, сканирующая микроскопия сопротивления растекания SSRM) необходимы методики АСМ с более щадящим воздействием на образец [3–4]. В противном случае, при превышении определенного значения давления зонда на поверхность возможно начало пластического течения в слое халькогенида свинца, что приводит к увеличению плотности дислокаций и снижению рабочих параметров приборных структур на основе таких слоев.

Влияние величины давления зонда АСМ на свойства материала также наблюдалось и при проведении исследований методами АСМ приборных структур на основе кремния [5–6].

Напротив, при исследовании поликристаллических материалов нужны жесткие зонды для того, чтобы создавать сечение зерен-кристаллитов методом силовой литографии и иметь возможность изучить особенности строения и свойства внутри зерна. Для решения многих задач требуются зонды с высоким аспектным соотношением. Один из примеров — исследование пористого оксида алюминия ($\text{por-Al}_2\text{O}_3$) [7–8]. Исследование этого материала методами АСМ осложнено тем, что толщина стенок пористого оксида алюминия мала и сопоставима по размеру с типичными размерами радиуса закругления зонда атомно-силового микроскопа ($\approx 10\text{--}20$ нм) даже для слоев с относительно большими размерами пор (мезо- и макро-). В случае, когда размеры исследуемого объекта сопоставимы по размеру с радиусом закругления зонда АСМ, данные о рельефе поверхности будут существенно искажены из-за аппаратной функции зонда. Поэтому, для того чтобы максимально точно воспроизвести рельеф поверхности в АСМ, сканирование $\text{por-Al}_2\text{O}_3$ необходимо проводить специальными зондами с малым радиусом закругления зонда. На рисунке 1 представлена поверхность пористого оксида алюминия. Видно ухудшение разрешения и качества изображения в процессе сканирования (нижняя половина изображения), связанное с деградацией острия.

Другим примером может быть применение методов АСМ для контроля параметров приборных структур интег-

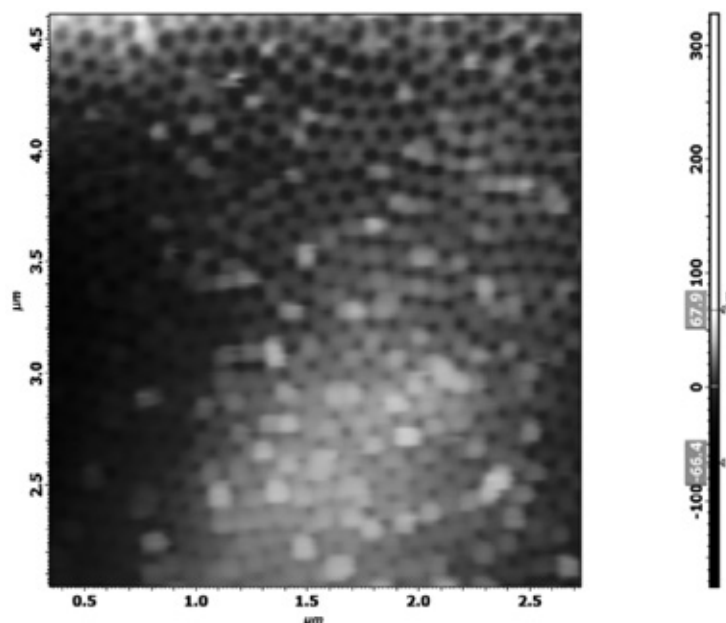


Рис. 1. Поверхность пористого оксида алюминия по данным АСМ в контактном режиме. Сканирование начинается из верхней левой точки в горизонтальном направлении

ральных микросхем в процессе их изготовления. Контроль геометрии подзатворной области в процессе ее травления является чрезвычайно важной задачей, так как технологический этап, предполагающий травление этой области, является одной из наиболее значимых технологических операций при формировании транзисторной структуры. От результатов травления будут зависеть параметры конечного прибора (после формирования затворной металлизации). Для того, чтобы максимально точно определить геометрические параметры подзатворной области транзисторной структуры необходимы зонды с высоким аспектным соотношением.

Целью данной работы является обобщение наших результатов по модификации зондов атомно-силовых микроскопов электрохимическими методами и применению их в атомно-силовой микроскопии для исследования как эпитаксиальных слоев халькогенидов свинца, поликристаллических излучающих и фотоприемных приборных структур, а также рНЕМТ транзисторов.

При исследовании приборных структур на основе фоточувствительных легированных поликристаллических слоев PbCdSe были проведены эксперименты по сечению единичного зерна слоя зондом АСМ с последующей визуализацией особенностей внутризеренного строения методом латерально-силовой микроскопии. Достаточно полно результаты приведены в [9–10].

Для проведения электрохимического осаждения с целью модификации свойств зонда был собран лабораторный стенд [11] позволяющий подводить стакан с раствором к зонду и осуществлять электрический контакт к зонду. При этом раствор заливали во фторопластовый стакан (5мм в диаметре). При контакте поверхности капли раствора возможно изменение поверхности канти-

левера и края чипа. Эти разработки были отмечены медалью «за лучшую научную студенческую работу» Всероссийского конкурса научно-исследовательских работ студентов вузов в области нанотехнологий и наноматериалов в 2009 году.

В качестве подложек были использованы кремневые подложки и зондовые датчики марки NSG01 (NT-MDT). Нанесение никелевого покрытия проводилось электрохимическим катодным осаждением из водного раствора хлорида никеля ($\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Такое никелевое покрытие представляет собой интерес как проводящее и как каталитическое покрытие. С его помощью можно катодным осаждением с острия наносить островки никеля по строго заданному рисунку. Кроме того, потенциально можно создавать зонды с высоким аспектным соотношением путем выращивания углеродных нанотрубок на острие зонда с катализатором — никелевым островком. Зонды АСМ погружались в каплю раствора, подавался отрицательный потенциал на зонд АСМ. Были использованы растворы двух концентраций 1 и 0,01 %. Формы зондов оценивали в атомно-силовом микроскопе на калибровочной подложке в форме пиков (TGT01 от NT-MDT), а также по сдвигу значения резонансной частоты кантилевера до и после модификации зонда. Область чипа и кантилевера изучалась в оптический микроскоп ПОЛАМ-Р312. На рисунке 2 представлена оптическая фотография зонда после электрохимического осаждения никеля. Резонансная частота зонд уменьшилась с 155,7 до 153,8 кГц. Это свидетельствует об увеличении массы колебательной системы, а именно наличию пленки (в том числе и с никелем) на острие зонда и на поверхности балки кантилевера. Также по оптическим фотографиям на участке чипа была рассмотрена однородность пленок.

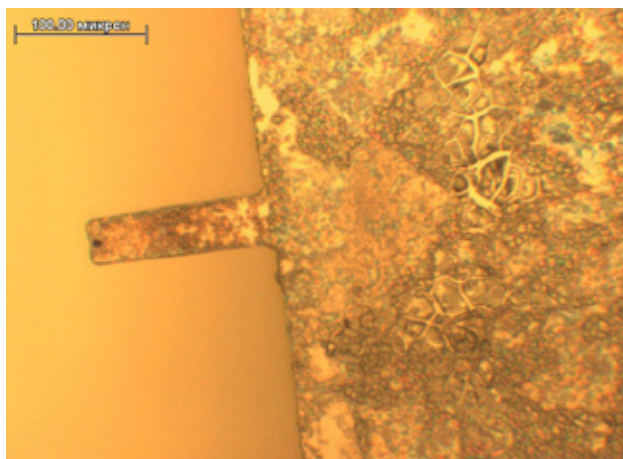


Рис. 2. Зонд после электрохимического осаждения никеля

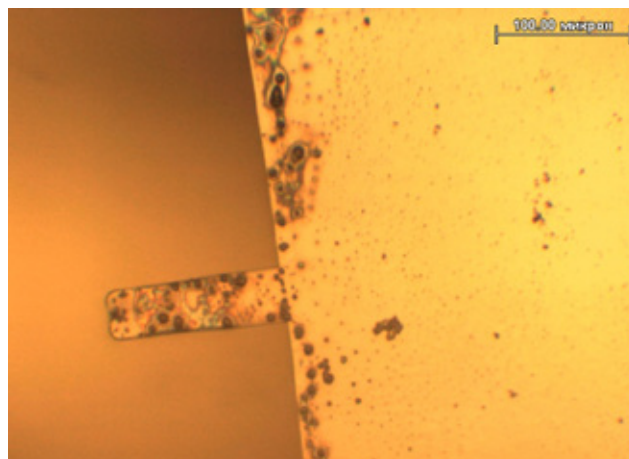


Рис. 3. Зонд после химического травления кремниевого зонда

Для модификации зондов химическими функциональными группами предварительно получали структуры пористого кремния. Процесс травления кремния активно разрабатывается в нашей команде [12,13]. Варианты, которые были получены — от небольшого разрыхления поверхности до разрушения острия, что наблюдалось как изменение изображения калибровочного образца в АСМ в процессе сканирования. На рисунке 3 представлена оптическая фотография зонда подвергнутого травлению. Видны крупные поры, находящиеся на кантилевере.

Особый интерес представляли исследования рНЕМТ-транзисторов модифицированными зондами [14–16].

Р-НЕМТ-транзисторы — это транзисторы на основе гетеропереходов, которые образованы материалами с существенно различными константами решетки (AlGaAs/InGaAs, InGaAs/InAlAs, InGaP/InGaAs и т.п.). Общепринятое название — псевдоморфные транзисторы с высокой подвижностью электронов (рНЕМТ — pseudomorphic High Electron Mobility Transistor).

Анализируемые в этой работе гетероэпитаксиальные структуры рНЕМТ представляли собой систему слоев

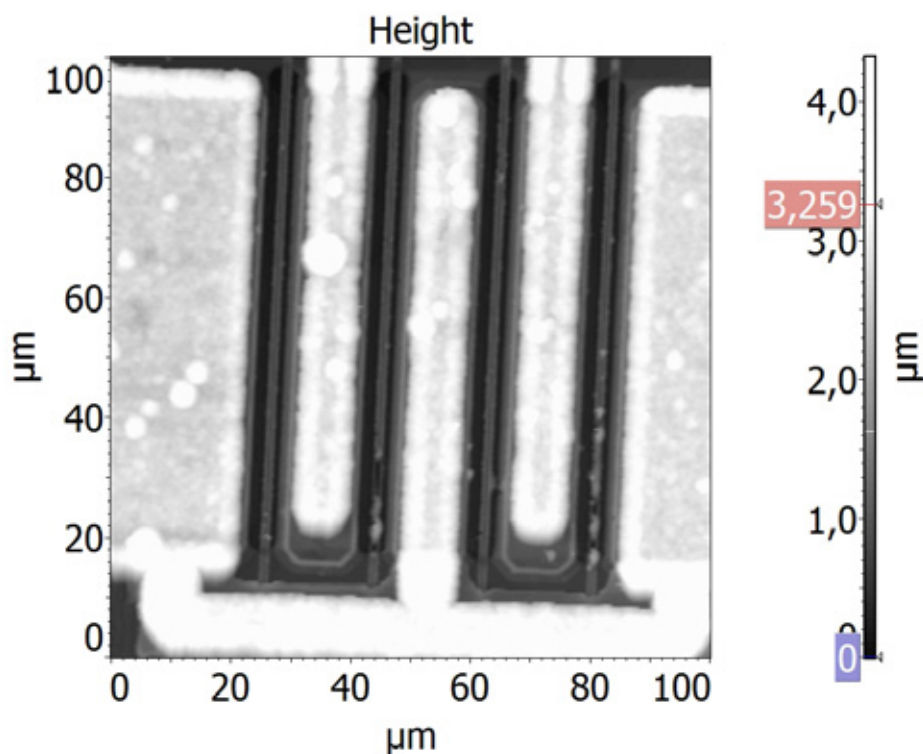


Рис. 4. Поверхность рНЕМТ транзистора по данным АСМ в контактном режиме

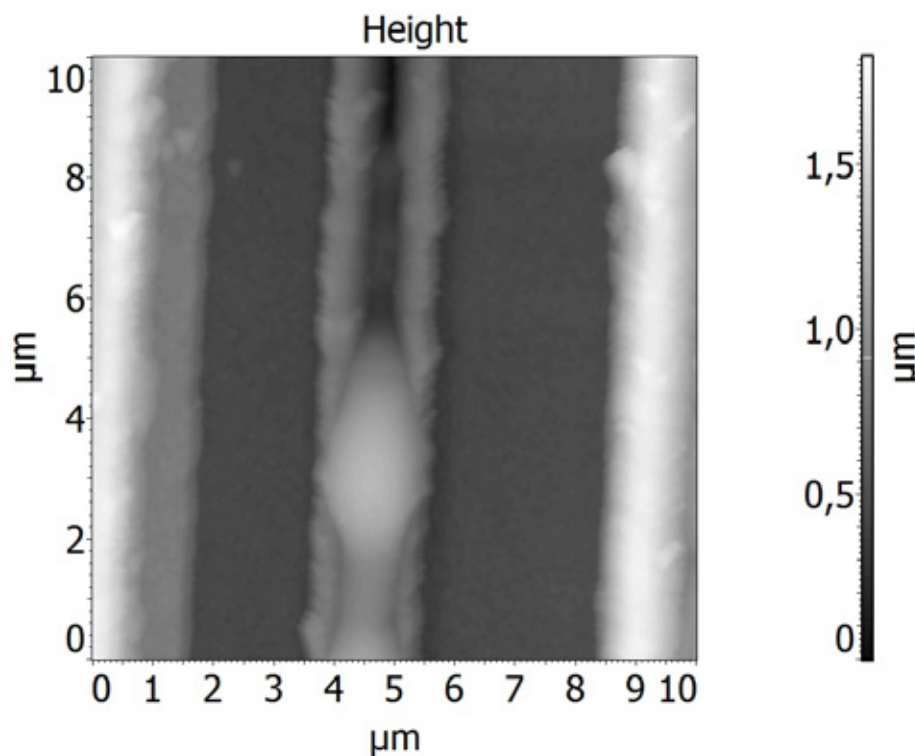


Рис. 5. Область затвора рНЕМТ транзистора с местом разрыва линии затвора и скатыванием материала затвора в каплю

AlGaAs/InGaAs/GaAs, выращенную на подложке полупроводникового GaAs. В результате разницы в ширине запрещенной зоны контактируемых материалов в канале (слой InGaAs) у границы со спейсером (слой AlGaAs) формируется потенциальная яма — тонкий слой, в котором накапливаются свободные носители, образуя так называемый двумерный электронный газ (ДЭГ). Вследствие хорошего соответствия кристаллических решеток нелегированного полупроводника и легированного полупроводника в гетеропереходе обеспечивается низкая плотность поверхностных состояний и дефектов. По этим причинам для электронов, накопленных в области ДЭГ, в слабых электрических полях достигается очень высокая подвижность.

Верхняя часть барьерного слоя образует с металлом затвора барьер Шоттки, который, как и в обычном полевом транзисторе с барьером Шоттки, управляет проводимостью канала. Сверху к каналному слою InGaAs примыкает так называемый спейсер (spacer) — тонкий слой нелегированного AlGaAs. Основное назначение этого тонкого слоя — предотвратить рассеяние носителей в канале на границе с гетеропереходом.

Формирование омического контакта выполняется с использованием «взрывной» фотолитографии. В качестве

металлизации омического контакта используется система слоев Ge-Au-Ni с последующим высокотемпературным вжиганием.

Затвор ($L_g=0.25\div0.35$ мкм) формируется в результате последовательности операций осаждения нескольких диэлектрических слоев с последующим их травлением, получения субмикронной «щели», корректировки токов и напыления затворной металлизации V-Mo-Au.

Данные транзисторы используются в усилительных модулях. При воздействии непрерывной СВЧ мощности свыше 120 мВт наблюдается деградация СВЧ параметров усилителя. Методами атомно-силовой микроскопии обнаружены особенности разрывов линии затвора (рис. 4). На более детальных изображениях (рис. 5) видно, что материал затвора после разогрева структуры скатывается в капли [15, 16].

Таким образом, в статье рассмотрены обобщенные результаты по модификации зондов атомно-силового микроскопа. Особое внимание уделено вопросам использования модифицированных зондов для исследования дефектов возникающих при эксплуатации рНЕМТ транзисторов.

Литература:

1. В.Л. Миронов. Основы сканирующей зондовой микроскопии: Учеб. Пособие, 2004. 114с
2. Мошников В.А., Спивак Ю.М. Атомно-силовая микроскопия для нанотехнологии и диагностики: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. 80 с.

3. Канагеева Ю.М., Мошников В.А., Arnold M., Zogg H., Felder F., Rahim M. Электрофические свойства фотодиодов на основе эпитаксиальных слоев для среднего ИК-диапазона // Вакуумная техника и технология. 2008. Т. 18. № 1. С. 3–8
4. Канагеева Ю.М., Мошников В.А. Исследование свойств матриц на основе In/PbTe методами атомно-силовой микроскопии с помощью специальной системы наноконтактов // Вакуумная техника и технология. 2008. Т. 18. № 2. С. 87–94
5. Minomura S., Drickamer H.G. Pressure induced phase transistor in silicon, germanium and some III-V compounds // J. Phys. Chem. Solids. 1962. Vol. 23. P. 451–456.
6. Recent insights into the physical modeling of the spreading resistance point contact / T. Clarysse, P. De Wolf, H. Bender, W. Vandervorst // J. Vac. Sci. Technol. 1996. № 14 (1). P. 358–368
7. Спивак Ю.М., Горелов М.В., Пермьяков Н.В. Формирование нанокластеров металлов методом электролитического осаждения на пористые темплаты // Тезисы докладов 11-я научная молодежная школа по твердотельной электронике «Нанотехнологии, наноматериалы, нанодиагностика», 23–25 мая 2008, Санкт – Петербург, 2008, с. 59–60.
8. Мошников В.А, Соколова Е.Н., Спивак Ю.М. Формирование и анализ структур на основе пористого оксида алюминия // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011, вып 2. С. 13–19.
9. Ю.М. Спивак, В.А. Мошников Особенности строения фоточувствительных поликристаллических слоев на основе PbCdSe сетчатого типа // «Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования», 2010, № 1, с. 97–102.
10. Gracheva I.E., Spivak Y.M., Moshnikov V.A AFM TECHNIQUES FOR NANOSTRUCTURED MATERIALS USED IN OPTOELECTRONIC AND GAS SENSORS // В сб.: IEEE EUROCON 2009, EUROCON 2009 St. Petersburg, 2009. С. 1246–1249.
11. Пермьяков Н.В., Исследование возможности модификации зондов для атомно-силовых и туннельных микроскопов. «Всероссийский конкурс научно-исследовательских работ студентов в области нанотехнологий и наноматериалов»././ Сборник студенческих научных работ. – НИЯУ МИФИ, 2009, 420 с., с278–287
12. V. A. Moshnikov, I. E. Gracheva, A. S. Lenshin, Yu. M. Spivak, etc. Porous silicon with embedded metal oxides for gas sensing applications // Journal of Non-Crystalline Solids, vol. 358, is. 3, 1 February 2012, Pages 590–595.
13. Леньшин А.С., Кашкаров В.М., Спивак Ю.М., Мошников В.А., Исследование электронного строения и фазового состава пористого кремния // Физика и химия стекла. 2012. Т. 38 №3, с. 383–392
14. Козловский Э.Ю., Спивак Ю.М., Мошников В.А., Пономарева А.А., Селезнев Б.И., Иванов Н.Н., Желаннов А.В. Транзисторные структуры рНЕМТ: исследование особенностей полупроводниковой гетероструктуры методами атомно-силовой микроскопии // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. 2010. № 94. С. 18–28
15. Пермьяков Н.В., Платонов С.В Исследование мест пробоя НЕМТ-транзистора методами СЗМ, // Труды всероссийской школы-семинара студентов, аспирантов и молодых ученых по направлению «ДИАГНОСТИКА НАНОМАТЕРИАЛОВ И НАНОСТРУКТУР», сборник. Рязань: РГРТУ, 2011. Том III, с. 138–142
16. Платонов С.В., Пермьяков Н.В., Селезнев Б.И., Мошников В.А., Козловский Э.Ю., Осипов А.М. Малошумящие арсенид-галлиевые усилители при воздействии электромагнитных помех повышенных интенсивностей // Вестник Новгородского Государственного Университета, сер. Технические науки, 2012, т. 67, стр. 29–32.

МАТЕМАТИКА

Superconvergence of Some Output Functionals for Hermitian Finite Elements

Хуитсян Юе, аспирант

Университет Бейхан (Beihang University)

Шайдуров Владимир Викторович, доктор физико-математических наук, профессор

Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН (г. Красноярск)

1. Introduction

Traditional methods of solving equations of mathematical physics, such as finite element method, are to find a solution in the entire domain of definition. Corresponding methods of computational error analysis consist in defining the norm for difference between the exact and approximate solutions also in the whole domain. Meanwhile, in a number of applications, researchers are interested not in the solution as a whole, but only in its certain values or functionals named as goal-oriented or output ones. For example, in air flow around the body, engineers are interested in lift and drag, not in the solution at every point in space, especially away from the constructed body [1, 2]. In such cases, one would be interested in the calculation precision of these output functionals, and not of the entire solution. Moreover, with appropriate triangulation in the finite element method one can achieve a significant increase in the accuracy of the required functionals without increasing the computational time for the problem as a whole [2, 3].

One of the interesting tasks consists in computation of the solution values along the part of boundary with Neumann boundary condition. Such situation occurs when the flux (heat flux, for instance) at body surface equals to zero, and we need to know the resulting temperature at this surface.

In this article we consider a one-dimensional model problem with Neumann boundary condition at one of boundary points and try to find the solution value in the same point. For solving we use cubic Hermitian finite element method. Unexpectedly the ultrahigh order of convergence was obtained, which is not guaranteed by the finite element theory. Therefore the paper is devoted to the theoretical justification of this beneficial effect with the help of adjoint operators.

2. Formulations of problem

Consider one-dimensional model problem: find $u(x) \in W_2^2([0,1])$ such that

$$Lu \equiv -(pu')' + q(x)u = f(x) \quad \text{in } (0,1), \quad (1)$$

$$u(0) = 0, \quad u'(1) = v_1. \quad (2)$$

Functions $p(x) \geq c_0 > 0$, $q(x) \geq 0$, and $f(x)$ are smooth enough for further considerations. Here and after any constant c_i is supposed to be positive and independent of meshsizes h_i and $h = \max_{1 \leq i \leq n} h_i$. Introduce the functional space $H_0^1 = \{\varphi \in W_2^1([0,1]): \varphi(0) = 0\}$ where last equality is valid in the sense of traces. We use the standard notation for functional spaces that can be found for instance in [4, 5].

To get the weak form of this problem, multiply equation (1) by arbitrary function $\varphi \in H_0^1$ and integrate by parts with the help of boundary conditions (2). As a result we get the equalities

$$\int_0^1 \varphi Lu \, dx = \int_0^1 (pu' \varphi' + qu\varphi) \, dx - u'(1)p(1)\varphi(1) = \int_0^1 f \varphi \, dx. \quad (3)$$

In the weak form [4, 11] this problem is reformulated as follows:

find $u \in H_0^1$ such that

$$a(u, \varphi) = (f, \varphi)_{L_2} + v_1 p(1) \varphi(1) \quad \forall \varphi \in H_0^1. \quad (4)$$

Here and later $a(u, \varphi)$ is the bilinear form

$$a(u, \varphi) = \int_0^1 (pu' \varphi' + qu \varphi) dx;$$

$(f, \varphi)_{L_2}$ and $\|f\|_{L_2}$ are scalar product and norm in space $L_2([0, 1])$:

$$(f, \varphi)_{L_2} = \int_0^1 f \varphi dx \quad \text{and} \quad \|f\|_{L_2} = (f, f)_{L_2}^{1/2}.$$

As it was mentioned above, in many real problems of mathematical physics the main important result is not the solution as a whole, but some its functionals. In this paper for above formulated problem we take the output functional

$$J(u) = u(1)$$

as an example and show that it is computed with better order of accuracy than the solution as a whole.

3. Finite element method with cubic Hermitian elements

First introduce mesh with nodes $0 = x_0 < x_1 < \dots < x_{n-1} < x_n = 1$ and notation

$$I_i = [x_{i-1}, x_i], \quad h_i = x_i - x_{i-1}, \quad \text{and} \quad h = \max_{1 \leq i \leq n} h_i.$$

In accordance with handbooks [4, 11] introduce cubic basis functions of first type:

$$\varphi_i^{(0)}(x) = \begin{cases} [1 - (x_i - x)/h_i]^2 [2(x_i - x)/h_i + 1] & \text{if } x \in (x_{i-1}, x_i] \cap (0, 1), \\ [1 - (x - x_i)/h_{i+1}]^2 [2(x - x_i)/h_{i+1} + 1] & \text{if } x \in (x_i, x_{i+1}) \cap (0, 1), \\ 0 & \text{else,} \end{cases}$$

and second type:

$$\varphi_i^{(1)}(x) = \begin{cases} (x - x_i)[(x_i - x)/h_i - 1]^2 & \text{if } x \in (x_{i-1}, x_i] \cap (0, 1), \\ (x - x_i)[(x - x_i)/h_{i+1} - 1]^2 & \text{if } x \in (x_i, x_{i+1}) \cap (0, 1), \\ 0 & \text{else.} \end{cases}$$

Now introduce the finite element space $V^h \subset H_0^1$ consisting of piecewise polynomial functions of degree 3 as the linear span of these basis functions:

$$V^h = \text{span} \left\{ \varphi_i^{(0)} \right\}_{i=1}^n \cup \left\{ \varphi_i^{(1)} \right\}_{i=0}^n.$$

Due to Galerkin approach we get the following formulation:

find $u^h \in V^h$ such that

$$a(u^h, \varphi) = (f, \varphi)_{L_2} + v_1 p(1) \varphi(1) \quad \forall \varphi \in V^h. \quad (5)$$

Owing to basis functions in V^h we have decomposition

$$u^h(x) = \sum_{i=1}^n u_i^h \varphi_i^{(0)}(x) + \sum_{i=0}^n v_i^h \varphi_i^{(1)}(x)$$

with the vector of unknowns

$$U^h = (v_0^h, u_1^h, v_1^h, \dots, u_{n-1}^h, v_{n-1}^h, u_n^h, v_n^h)^T$$

where $\text{sign}(\dots)^T$ means transposition. This vector is found from the system of linear algebraic equations [6, 10]

$$\mathbf{K}^h U^h = F^h \quad (6)$$

where \mathbf{K}^h is the global stiffness matrix and F^h is the global right-hand side.

Introduce the error $e = u - u^h$. Subtracting (5) from (4) we get

$$a(e, \varphi) = 0 \quad \text{for any } \varphi \in V^h. \quad (7)$$

This property is well-known as Galerkin orthogonality property.

The accuracy of approximate solution is known from handbooks [4, 11]:

$$\begin{aligned} \|u - u^h\|_{L_2} &\leq ch^4 \|u\|_{H^4}, \\ \|u - u^h\|_{H^1} &\leq ch^3 \|u\|_{H^4}, \end{aligned} \quad (8)$$

where $\|u\|_{H^k}$ means the norms in the space $H^k([0,1])$. When $h \leq c \min_{1 \leq i \leq n} h_i$ we have the discrete imbedding (inverse) inequality [4, 5]

$$|v(1)| \leq \max_{x \in [0,1]} |v(x)| \leq ch^{-0.5} \|v\|_{L_2}. \quad (9)$$

Therefore we can guarantee only

$$|u(1) - u^h(1)| \leq ch^{3.5} \|u\|_{H^4}. \quad (10)$$

4. A numerical result

Now consider the following concrete problem:

$$\begin{aligned} Lu &\equiv -u'' + u = x \quad \text{in } (0,1), \\ u(0) &= u'(1) = 0. \end{aligned} \quad (11)$$

And then solve it by cubic finite element method that has been introduced before.

Table 1. Numerical result for problem (11).

i	h	$\varepsilon_i^h = J(u) - J(u^h)$	$d_i = \ln_2 \varepsilon_{i-1}^h / \varepsilon_i^h $
1	1/4	-9.11×10^{-10}	–
3	1/8	-1.75×10^{-11}	5.72
5	1/16	-3.03×10^{-13}	5.87

From this Table we can see that $|u(1) - u^h(1)|$ tends to zero asymptotically as $O(h^6)$ but not as $O(h^{3.5})$ or $O(h^4)$! Is this result just a fortuity for this simple problem?

Now let us prove it for more general problems.

5. The proof of the higher convergence order for this type of output functional

Now introduce the following adjoint problem with the output functional $J(u)$:

find $z \in H_0^1$ such that

$$a(\varphi, z) = J(\varphi) = \varphi(1) \quad \forall \varphi \in H_0^1. \quad (12)$$

For smooth coefficients this weak formulation is equivalent to the following problem:

$$Lz \equiv -(pz')' + qz = 0 \quad \text{in } (0,1),$$

$$z(0) = 0, \quad z'(1) = 1/p(1).$$

Its sufficiently smooth coefficients imply a sufficiently smooth solution. Like for the original problem (4), Galerkin approach in this case gives the following weak formulation:

find $z^h \in V^h$ such that

$$a(\varphi, z^h) = J(\varphi) \quad \forall \varphi \in V^h. \quad (13)$$

Therefore, we get the discrete system for adjoint problem

$$\mathbf{K}^h \mathbf{Z}^h = \mathbf{G}^h$$

with the same matrix \mathbf{K}^h due to symmetry of bilinear form: $a(u, \varphi) = a(\varphi, u)$. After solving this system the vector of unknowns

$$\mathbf{Z}^h = (t_0^h, s_1^h, t_1^h, \dots, s_{n-1}^h, t_{n-1}^h, s_n^h, t_n^h)^T$$

defines the approximate solution

$$z^h(x) = \sum_{i=1}^n s_i^h \varphi_i^{(0)}(x) + \sum_{i=0}^n t_i^h \varphi_i^{(1)}(x).$$

Theorem. *For sufficiently smooth data of problem (1)–(2) we get*

$$|J(u) - J(u^h)| \leq ch^6. \quad (14)$$

Proof. From (12), (7), (13) we get

$$J(e) = a(e, z) = a(e, z - z^h). \quad (15)$$

By standard way we get inequality

$$|a(e, z - z^h)| \leq c \|e\|_{H^1} \|z - z^h\|_{H^1}.$$

Since both problems have sufficiently smooth solutions, then

$$\|e\|_{H^1} \leq ch^3 \quad \text{and} \quad \|z - z^h\|_{H^1} \leq ch^3.$$

It implies that

$$|J(u) - J(u^h)| = |J(e)| = |a(e, z - z^h)| \leq ch^6. \quad \square$$

Thus, we indeed get the sixth order of convergence for this output functional.

6. Resume

By virtue of the duality theory we prove the higher order of convergence than that is following from standard theory of Hermitian finite element method.

Note, that this effect became possible for cubic finite elements. For linear ones we should not get higher order of accuracy. Indeed, repeating this way of justification we should get only

$$|J(u) - J(u^h)| = |u(1) - u^h(1)| \leq ch^2.$$

It is not unusual for this type of elements for which we have typical estimate

$$\|u - u^h\|_{L_2} \leq ch^2 \|u\|_{H^2}.$$

References:

1. Shaydurov V., Liu T., Zheng Z.: Four-stage computational technology with adaptive numerical methods for computational aerodynamics. // American Institute of Physics. Conference Proceedings. 2012. — Vol. 1484. — P. 42–48.
2. ADIGMA. A European Initiative on the Development of Adaptive Higher-Order Variational Methods for Aerospace Applications. // Notes on Numerical Fluid Mechanics and Multidisciplinary Design. Vol. 113. — Berlin: Springer, 2010. — 498 p.
3. Bangerth W., Rannacher R.: Adaptive Finite Element Methods for Differential Equations. — Berlin: Birkhäuser, 2003. — 204 p.
4. Ciarlet P.G.: The Finite Element Method for Elliptic Problems. — New York: North Holland, 1978. — 530 p.
5. Сьярле Ф.: Метод конечных элементов для эллиптических задач. — М.: Мир, 1980. — 512 с.
6. Даутов Р.З., Карчевский М.М.: Введение в теорию метода конечных элементов. — Казань: Казанский госуниверситет. — 2004. — 239 с.
7. Стренг Г., Фикс Дж.: Теория метода конечных элементов. — М.: Мир. — 1977. — 351 с.
8. Шайдулов В.В.: Многосеточные методы конечных элементов. — М.: Наука. — 1989. — 288 с.
9. Shaidurov V.: Multigrid Methods for Finite Elements. — Berlin: Springer. — 1995. — 300 p.
10. Strang G., Fix G.J.: An Analysis of the Finite Element Method. — New York: Prentice-Hall. — 1973. — 306 p.
11. Zhiming Chen, Haijun Wu: Selected Topics in Finite Element Methods. — Beijing: Science Press. — 2010. — 162 p.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Топологическое представление технологического процесса дробления хлопковых семян в маслоэкстракционном производстве

Абдуллаева Гулчехра Хакимовна, старший преподаватель;

Худайбергенова Нилуфар Илхамовна, студент

Ташкентский университет информационных технологий, Ургенчский филиал (Узбекистан)

Перспективы развития комплексных системных исследований процессов измельчения сыпучих материалов и создание на их основе эффективных аппаратов существенно зависят от уровня и качества математического описания. Комплексный системный анализ — это широкая стратегия научного поиска и анализа сложных систем (каковыми, в частности, являются процессы дробления, измельчения и технологические схемы на их основе). Правильное понимание физической сущности процессов измельчения и методологически обоснованный системный подход к исследованию дают возможность описать их адекватно и на основе этой разработать методы расчета, оптимального проектирования и управления [1].

Выбор системы параметров, характеризующих процесс, тесно связан с теми факторами, которые учитываются при формализации технологического процесса и которые определяют собой точность описания различных его сторон. Конкретные рекомендации по этому вопросу могут быть выработаны только при изучении структуры и природы составляющих физических эффектов и явлений.

В результате появляется так называемое содержательное описание процесса, которое представляет собой первую попытку четко отразить закономерности, характерные для исследуемого объекта. Содержательное описание является исходным материалом для последующих этапов формализации: построение формализованной схемы процесса и математической модели для него [2].

На основе методологических принципов комплексного системного исследования процессов дробления и измельчения зерна строится модуль (или формируется модульный оператор процесса дробления и измельчения), который представляет собой конечную цель системного анализа на уровне отдельного технологического процесса. Этот модуль в дальнейшем используется для решения вопросов анализа, декомпозиции, оптимизации, автоматизированного проектирования и управления процессами дробления и измельчения, а также для решения задач

более высоких ступеней иерархии данного производства (например, для синтеза усовершенствованной технологической системы дробления и измельчения хлопковых семян). Дробление и измельчение хлопковых семян относится к механическим процессам; в общем случае оно формализуется как сложная физико-механическая система (ФМС).

Распространенный во многих областях науки и техники метод графического изображения процессов, зависимостей, связей, структур и т.п. с помощью точек и линий, их соединяющих, привел к созданию специфических и привычных для специалистов различных отраслей графических схем, элементов теории графов (типа электрических, технологических и др. схем). Эта теория может быть применена к любым схематическим изображениям процессов и служит общим математическим инструментом их исследования.

В работах [1,2,3] показано, что язык теории графов делает изложение многих дисциплин и процессов более удобным и понятным, а в ряде случаев использование математического аппарата теории графов позволяет сделать некоторые выводы и упрощения, не столь очевидные при рассмотрении обычных схем. Использование языка теории графов и перевод на него технологических схем и зависимостей исследуемого процесса измельчения хлопковых семян в маслоэкстракционном производстве является насущным и целесообразным.

Технологические схемы переработки хлопковых семян в маслоэкстракционном производстве могут быть представлены в виде последовательно изменяющихся состояний совокупностей хлопковых семян. В пределах физико-механической системы вектор входных переменных x , модификации перерабатываемого сырья (исходная функция распределения измельчаемых частей по размерам, концентрациям; скорость; температура; влажность; плотность; вязкость и др. характеристики частиц и несущей среды на входе в аппарат), претерпевают целенаправленное физико — механическое превращение в

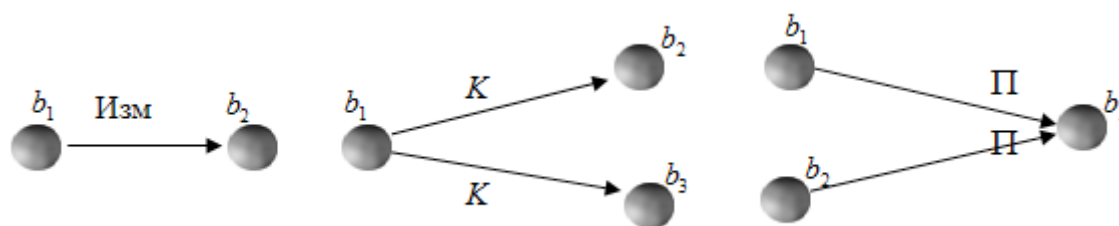


Рис. 1. Элементарные графы состояний и переработки материала

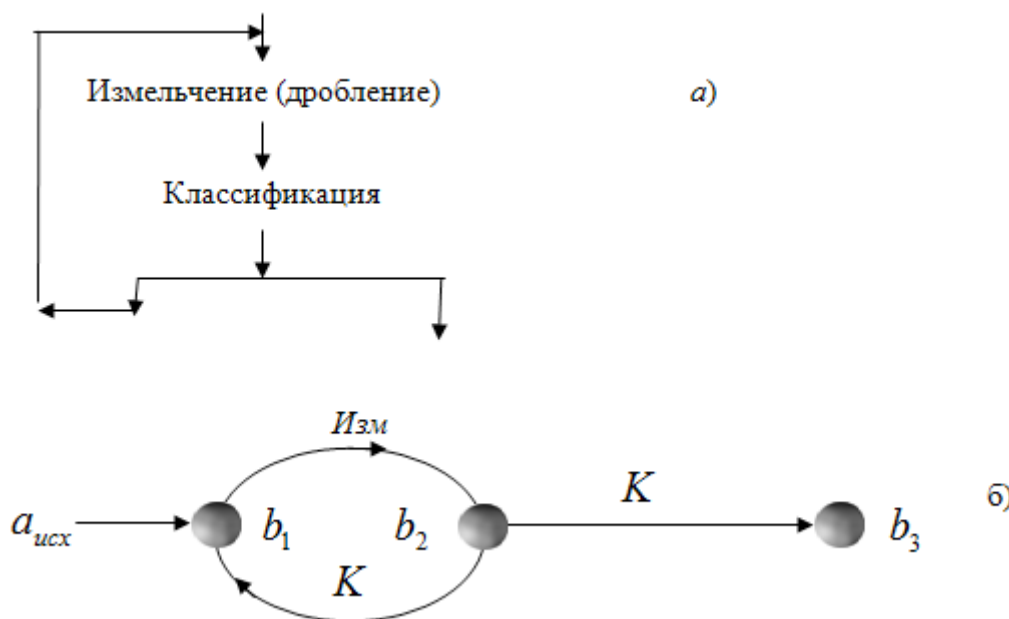


Рис. 2. Схема измельчения материала (а) и его граф (б)

вектор выходных переменных y , модификации промежуточных, конечных продуктов измельчения (гранулометрический состав готового продукта). Другими словами, вектор X под действием технологического оператора физико-механической системы φ преобразуется в вектор выходных переменных Y : $Y = \varphi(x)$. Понятие технологического оператора физико-механической системы формализует отображение пространства переменных входа в пространство переменных выхода, соответствующее реальному процессу измельчения.

Совокупность хлопковых семян и промежуточные продукты в каждом определенном состоянии технологического процесса классифицируется по крупности, разделенной по физическо-механическим свойствам и характеризуется такими определенными параметрами как множество, ограниченное предельными значениями параметров. Переход исходного продукта из одного состояния в другое может быть представлен направленными графами, вершины которых обозначают соответствующие состояния, а ребра — процессы перехода в новое состояние. В процессах дробления и измельчения весь материал переходит в конечный продукт следующего состояния. Граф имеет одно ребро (входной поток исходного продукта X) и множество конечных ребер, соответствующих

конечным продуктам технологического процесса. При классификации и разделении по физико-механическим и другим свойствам технологический процесс характеризуется многореберным графом (по числу получаемых продуктов) (рис. 1 и 2).

В элементарном графе: b_1, b_2, b_3 — состояние продукта, материала; K — классификация; Π — перемешивание; $Изм$ — измельчение.

Вершины и ребра могут быть окрашены различными цветами в соответствии с принятыми обозначениями: такой хроматический граф содержит подграфы различного цвета. Некоторые технологические схемы (технологический процесс дробления хлопковых семян в том числе) могут быть выражены гомеоморфным графом с помощью нескольких повторяющихся однотипных подграфов (рис 3).

В драном процессе применяют дробильные, вальцовые станки, рассевы, ситовечная система. В графе технологического процесса дробления хлопковых семян вершины (узлы) представляет: b_0 — распределительная система хлопковых семян, b_1 — I драной станок, b_2 — II драной станок, b_3 — III драной станок, и так далее b_{10} — X драной станок, $C_1 - C_{10}$ — ситовечные машины, $V_1 - V_{10}$ — вибро-центрофугалы, b_{11} — отрубы, b_{12} — промежуточный про-

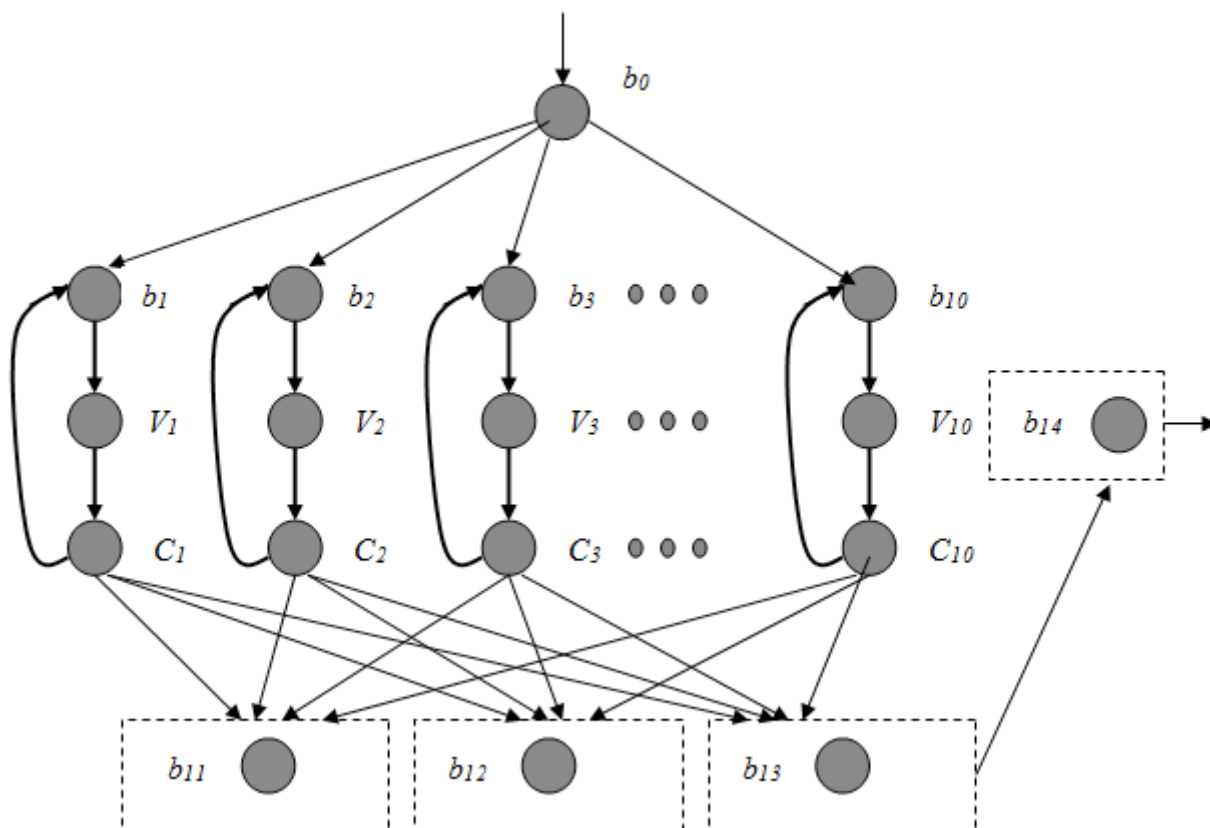


Рис. 3. Граф технологического процесса дробления хлопковых семян

дукт шелуха, b_{13} — ядро хлопковых семян, b_{14} — размольная система. Здесь вершины (узлы) b_{11} , b_{12} , b_{13} , b_{14} представляет собой самостоятельные графы технологических процессов [4].

Рассматриваемый граф является ориентированным, направленным. Поэтому мы будем иметь дело с дугами. Теория графов для изучения технологических процессов позволяет более глубоко оценить структуру процесса, способствует применению ЭВМ в дальнейшей обработке информации.

При сравнении двух или нескольких технологических схем, предназначенных для переработки одного и того же зерна и получения одних и тех же конечных продуктов, сопоставление графов этих схем даёт возможность выбрать наиболее короткий и, следовательно, более экономичный процесс с меньшим числом операций. На графе четко выделяются циклы операций над отдельными промежуточными продуктами. Наличие таких циклов указывает на существование циркулирующих или накапливающихся в процессе продуктов, для которых необходимо найти точку вывода.

Операции над графами не ограничиваются анализом технологических схем, а позволяют, используя статистические данные процесса, выделить значимые факторы, влияющие на процесс, составить минимальный набор критериев оптимизации и осуществить обработку другой информацию.

Например, необходимо выделить наиболее существенные параметры из числа связанных между собой, т.е. зависящих друг от друга. Если связи существуют не все (граф ненасыщенный), то можно считать, что более важными являются те параметры, которые имеют большее число связей. При этом может оказаться, что несколько параметров имеют одинаковое число связей. Тогда важнее те параметры, которые сами связаны с более важными.

Построенный нами граф технологической схемы процесса дробления хлопковых семян в маслоэкстракционном производстве является топологической схемой изучаемого процесса. Для более глубокого анализа технологической схемы, представленной в виде схем теории графов, необходимо с помощью математического аппарата формализовать всю информацию в виде матриц. ЭВМ применима для решения какой-либо задачи теории графов только после того, как алгоритм решения построен и записан в виде некоторой программы. Программа решения задачи предусматривает, какие данные и в каком виде должны быть представлены и введены в память ЭВМ для их последующей обработки.

С этой целью построенный нами граф $G(B, \Gamma)$ вводится в ЭВМ с помощью матрицы смежности. Для графа $G(B, \Gamma)$ без кратных дуг матрица смежности — это квадратная матрица $\|b_{ij}\|$ размером $n \times n$, где n — число вершин графа. Элемент $b_{ij} = 1$, если дуга $(x_i, x_j) \in \Gamma$; $b_{ij} = 0$ —

в противном случае. Кроме того, может потребоваться введение дополнительной информации о графе (например, матрицы операций длительности, матрицы затрат на операции, матрицы расстояний и т.д.).

Для рассматриваемого графа, технологическому процессу дробления зерна соответствуют матрицы смежности $A = \|a_{ij}\|$, а также матрицы длительности операций $T = \|t_{ij}\|$ и затрат $Q = \|q_{ij}\|$, количественные матрицы $M = \|m_{ij}\|$, качественные матрицы $C = \|c_{ij}\|$ соответственно.

Здесь:

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ая вершина связана с } j\text{-ой вершиной;} \\ 0 & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

Литература:

1. Юсупбеков Н.Р., Алиев Р.А., Адиллов Ф.Т. Гулямов Ш.,М., Аналитические информационные технологии автоматизации производственных процессов, ТашГТУ, Ташкент, 2004 — с. 157.
2. Новицкий О.А., Сергунов В.С. Автоматизация производственных процессов на элеваторах и зерноперерабатывающих предприятиях. М.: Колос 2001. — 320 с.
3. Белов В.В., Воробьев Е.М., Шаталов В.Е. Теория графов. — М.:Высш.школа, 1976. — 392 с.
4. Производственный технологический регламент на производство хлопкового масла и шрота по схеме форпресование — экстракция на 2-х линиях МЭЗ-350 производительностью 800 т/сутки переработки семян хлопчатника. ТР 1602—28—2-02. Ташкент: МАСЛОЖИРТАБАКАПРОМ РУз., 2002. — 215 с.

t_{ij} — длительность операции, переходящей с i -ой вершины на j -ую вершину; q_{ij} — затраты на операции, переходящие с i -ой вершины на j -ую вершину; m_{ij} — количество продуктов на операции, переходящей с i -ой вершины на j -ую вершину; c_{ij} — качество продуктов на операции, переходящей с i -ой вершины на j -ую вершину.

Располагая матрицами смежности $A = \{a_{ij}\}$, ($i, j = 1, 2, \dots, n$) графа $G(B, \Gamma)$ для исследуемого технологического процесса можно с помощью теории конечных автоматов сформулировать и решить следующие задачи:

1. Синтеза технологической схемы;
2. Анализа технологической схемы;
3. Декомпозиции технологической схемы на функциональные подсистемы.

Модернизация диагностического устройства для измерения физико-биологических характеристик кожи и слизистых оболочек in vivo

Акиншина Вера Сергеевна, магистрант;
Клюева Ирина Николаевна, магистрант
Тамбовский государственный технический университет

Оптика биотканей — одна из наиболее интенсивно развивающихся областей знаний, представляющих интерес как для физиков, так и биологов и медиков, работающих над созданием оптических медицинских технологий диагностики и лечения. Определение оптических характеристик биоткани дает возможность получать объективную информацию о пространственном распределении содержащихся в ней различных биологических компонентов и использовать ее для диагностики различных патологий биотканей, изучения воздействия факторов окружающей среды, оценки эффективности лечения.

В настоящее время, разработано большое число методов и устройств, позволяющих достаточно хорошо изучить оптические свойства и физико-биологические характеристики различных биотканей как в ультрафиолетовой, так и в видимой и ближней инфракрасной областях спектра.

Интерес к исследованию оптических и физико-биологических характеристик биоткани in vivo обусловлен тем, что они могут отличаться от таковых для биоткани в усло-

виях in vitro. Кроме того, именно результаты in vivo исследований дают возможность получать информацию о происходящих в биологической ткани биохимических процессах.

Объектом рассмотрения является диагностическое устройство для измерения физико-биологических характеристик кожи и слизистых оболочек in vivo, позволяющее определять степень выраженности меланиновой пигментации кожи и эритемы кожи.

Устройство обеспечивает повышение точности и достоверности определения параметров кровоснабжения мягких тканей человека с учетом одновременной оценки содержания в ткани меланина, ее общего объемного кровенаполнения и среднего процентного содержания в микроциркуляторном русле биоткани оксигенированной фракции гемоглобина.

Диагностическое устройство содержит источник питания, соединенный с оптической головкой, в которой размещены фотоприемник с входным окном и источники излучения в зеленой, красной и инфракрасной областях

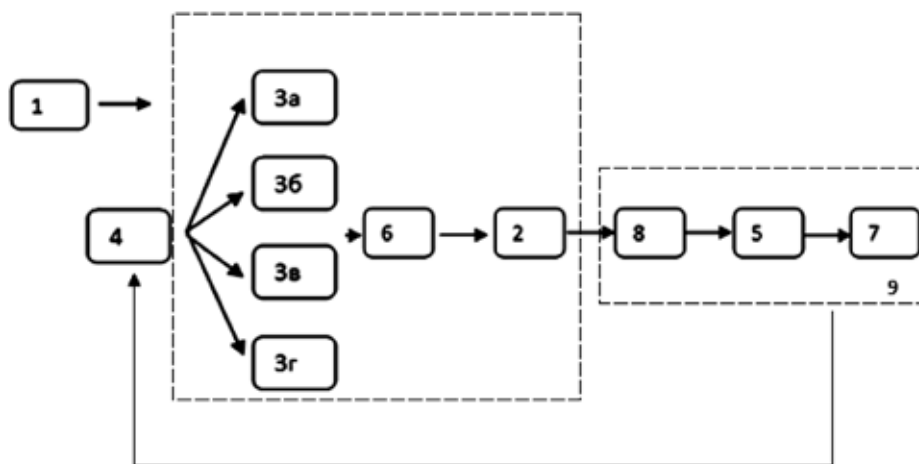


Рис. 1

спектра, блок управления работой излучателей, блок обработки данных, снабжено дополнительными источниками излучения в инфракрасной области спектра и источником излучения в синей области спектра. Источники излучения в синей области спектра излучают энергию в диапазоне 460–490 нм. Источники излучения в инфракрасной области спектра излучают энергию в диапазоне 900–950 и 960–990 нм.

Недостаток: недостаточная точность определения физико-биологических характеристик кожи и слизистых из-за влияния мешающих переотражений света из мягких тканей.

Устранение недостатка достигается тем, что в модернизированное устройство для измерения физико-биологических характеристик кожи и слизистых оболочек *in vivo* дополнительно введен блок компенсации переотраженного света от внутренних тканей, использующий временной принцип разделения полезного светового сигнала, распространяющегося по коже, и мешающегося светового сигнала, распространяющегося в мягких тканях.

Принцип работы модернизированного устройства измерения физико-биологических характеристик кожи и слизистых оболочек *in vivo* поясняется структурной схемой в виде последовательности составляющих (Рис. 1).

В состав устройства входят: 1 – источник питания, 2 – фотоприемник, 3а – источники излучения в зеленой области спектра, 3б – источники излучения в красной области, 3в – источники излучения в ИК области спектра, 3г – источники излучения в синей области спектра, 4 – блок управления поочередного включения источников излучения, 5 – блок обработки данных, 6 – волоконно-оптические световоды, 7 – индикатор определяемых величин, 8 – блок компенсации переотраженного света от внутренних тканей, 9 – управляющий компьютер.

Компьютер 9 посылает через устройство 4 сигналы поочередного включения источников излучения 3а, 3б, 3в, 3г. Свет от включенных источников 3а, 3б, 3в, 3г попадает на тестируемую биоткань. Проникающий в ткань свет за счет многократных внутренних переотражений

(рассеянии) частично выходит наружу ткани в области расположения фотоприемника 2 и регистрируется им. Электрические сигналы с фотоприемника 2, пропорциональные зарегистрированной фотоприемником оптической мощности излучения от биоткани, проходят усиление и оцифровку в блоке 5 и передаются в компьютер 9 для последующей обработки. В случае сильного внешнего (стороннего) освещения области обследования биоткани, например, в условиях операционных, когда внешняя засветка может повлиять на результаты измерений, в такт включения источников излучения 3а, 3б, 3в, 3г включается один пустой цикл, когда все источники выключены. Во время этого «пустого» цикла фотоприемник 2 регистрирует сигнал от сторонней паразитной засветки (фонового освещения) и мешающего светового сигнала из мягких тканей, который в дальнейшем учитывается (вычитается), при обработке полезных сигналов от включенных источников. Для разделения полезного светового сигнала, распространяющегося по коже, и мешающегося светового сигнала, распространяющегося в мягких тканях используется временной принцип разделения. В качестве подсветки используется импульсный сигнал длительностью менее 0,5 нс. В этом случае в момент прихода светового сигнала из мягких тканей, световой сигнал, распространяющийся по коже уже минует фотоприемник. Поэтому на входе фотоприемника будет суммарный сигнал от сторонней паразитной засветки (фонового освещения) и мешающего светового сигнала из мягких тканей. Зарегистрированные таким образом и переданные в компьютер 9 сигналы в каждом используемом спектральном диапазоне с учетом сигнала сторонней засветки используются для дальнейших вычислений и определения содержания в ткани меланина, общего объемного кровенаполнения и среднего процентного содержания в микроциркуляторном русле крови оксигенированного гемоглобина.

Вычисления проводят по следующей общей схеме. Перед началом измерений диагностическая головка прибора располагается на поверхности стандартного оптического светорассеивающего эталона, который не содержит

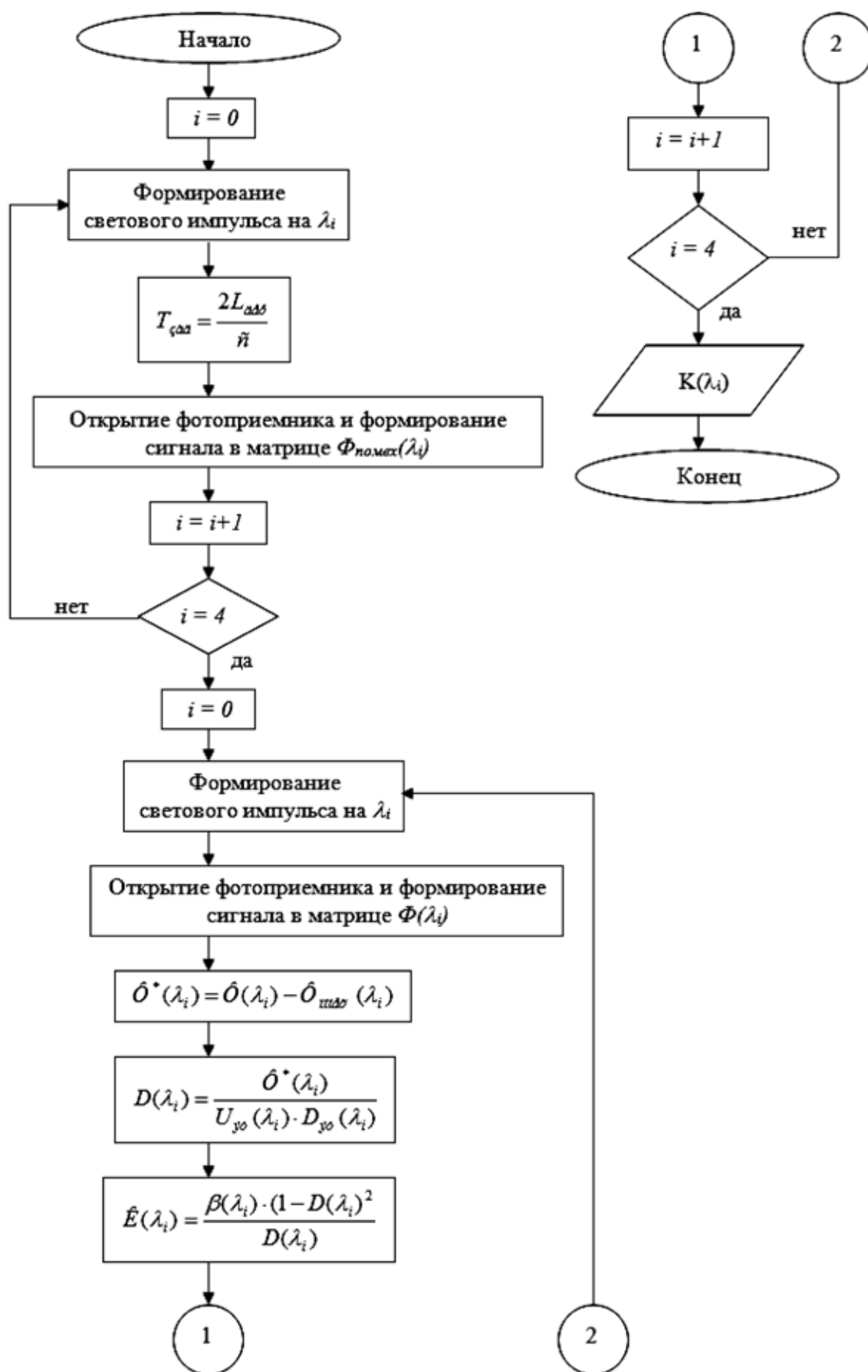


Рис. 2

в своем составе каких-либо оптических поглотителей и хорошо и равномерно рассеивает своим объемом свет во всем выбранном спектральном диапазоне. С этого эталона для каждого включенного источника записываются опорные (эталонные) показания прибора (напряжение с фотоприемника) $U_{ЭТ}(i)$, где $i=1, 2, 3, \dots$ — количество используемых спектральных диапазонов. После этого измерения проводятся на поверхности обследуемой биоткани, с которой записываются рабочие показания $U_{р}(i)$. Их нормировка на показания эталона позволяет определить для каждой длины волны i коэффициент обратного рассеяния света биотканью:

$$D(i) = \left(\frac{U_{р}(i)}{U_{ЭТ}(i)} \right) * D_{ЭТ}(i) \quad (1)$$

где $D(i)$ — коэффициент обратного рассеяния света биотканью в спектральном диапазоне i ;

$D_{ЭТ}(i)$ — заранее известный коэффициент обратного рассеяния света эталоном в этом спектральном диапазоне.

Следующим шагом для каждого спектрального диапазона i вычисляют эффективное оптическое поглощение света тканью:

$$K(i) = \beta(i) * \frac{(1 - D(i))^2}{D(i)} \quad (2)$$

где $K(i)$ — эффективное оптическое поглощение света тканью;

$\beta(i)$ — приборные коэффициенты для данного спектрального диапазона, определяемые при настройке (из-

готовлении) прибора путем его калибровки на разных образцах биотканей.

Содержание в ткани конкретных j хромофоров (поглотителей) и их вклад в общее поглощение определяют через эффективные коэффициенты оптического поглощения $K(i)$ с использованием стандартной процедуры решения системы линейных уравнений для поглощения света в многокомпонентной среде вида:

$$K(i) = \sum_j \varepsilon_j(i) * c_j \quad (3)$$

где c_j — концентрация (содержание) в ткани j -го компонента, включая сторонние элементы, например, содержание меланина, оксигемоглобина, общего гемоглобина и сторонних элементов (для 4-х используемых в базовом варианте длин волн), $\varepsilon_j(i)$ — известные табличные значения спектральных молярных погонных коэффициентов экстинкции выбранного вещества в спектральном диапазоне i .

Управляющий компьютер 9 соединяет в себе функции компенсации мешающих сигналов 8, обработки результатов 5 и индикации определяемых величин 7.

Алгоритм работы модернизированного устройства представлен на рис. 2.

Модернизированное устройство может быть использовано в учреждениях медицинского профиля для определения содержания в ткани меланина, общего объемного кровенаполнения и среднего процентного содержания в микроциркуляторном русле крови оксигенированного гемоглобина.

Литература:

1. Синичкин Ю.П., Утц С.Р. In vivo отражательная и флуоресцентная спектроскопия кожи человека. Саратов. Изд-во Сарат. ун-та, 2001.
2. Тучин В.В. Исследование биотканей методами светорассеяния // Успехи физ. наук. 1997. — Т. 167. — 5. — С. 517–539.
3. Тучин В.В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1998.

Моделирование многоспектрального метода обнаружения подкожных образований

Альмас Гамиль Фатех, аспирант
Тамбовский государственный технический университет

Цель статьи: произвести сравнение реализаций многоспектрального метода при аналитическом решении и условии $\tau(\lambda_2) = 2 \cdot z$, а также численном решении и условии $\tau(\lambda_2) = d \cdot z$, где $1 < d < 2$.

Для численного моделирования многоспектрального метода обнаружения подкожных образований [1], позволяющего произвести оценку влияния погрешностей измерения значений a и b , а также влияние точности подбора длин волн λ_1, λ_2 и, соответственно, выполнения условия $\tau(\lambda_2) = d \cdot z$ была разработана структурная схема эксперимента, представленная на рис. 1.

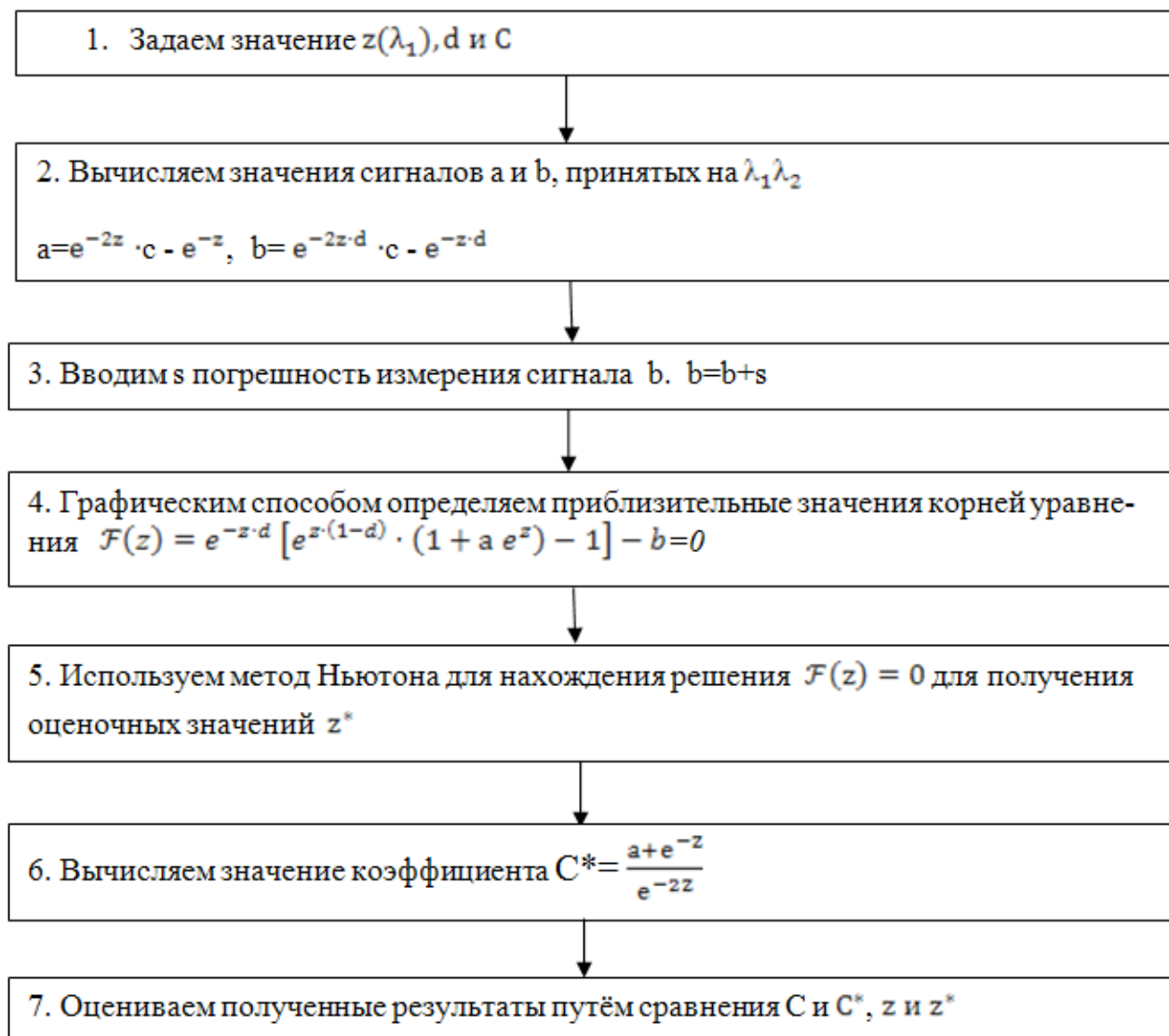


Рис. 1

Алгоритм нахождения численного решения уравнения $\mathcal{F}(z) = 0$ сводится к итерационной процедуре вычисления:

$$z_{n+1} = z_n - \frac{\mathcal{F}(z_n)}{\mathcal{F}'(z_n)} = z_n - \frac{e^{-z \cdot d} [e^{z \cdot (1-d)} \cdot (1 + a \cdot e^z) - 1] - b}{e^{-z \cdot d} \cdot d + a \cdot e^z \cdot z \cdot (1-d) \cdot [2 \cdot (1-d)] + e^{z \cdot (1-d)} \cdot (1-2 \cdot d)} \quad (1)$$

Уравнение $\mathcal{F}(z) = 0$ имеет два корня. На рисунке 2 представлен график $\mathcal{F}(z)$ при условии, что $d=1,3$.

Особенностью применения метод Ньютона является необходимость задания z_0 исходного значения z .

Для z в диапазоне от 0,1 до 5, при $C=1$ были определены верхняя и нижняя границы значения z_0 , при которых находится решение уравнения $\mathcal{F}(z) = 0$ удовлетворяющее требованиям $z^* = z, C^* = 1$. Предварительно производилось вычисление значений $a = c \cdot e^{-2z} - e^{-z}$ и $b = e^{-z \cdot d} [e^{z \cdot (1-d)} \cdot (1 + a \cdot e^z) - 1]$ при конкретном значении z и $C=1$.

Анализ рисунка 3 показал, что для $z \geq 0.5$ можно выбрать единое значение $z_0 = 7$, а для $z \leq 0.5$ необходимы уточнения исходных значений z_0 . Для этого будем использовать метод выделения корней. Из двух полученных корней выбирается корень с наибольшим значением z . Именно это значение используется в качестве начального значения z_0 .

Значение τ и, соответственно, z для кожи человека изменяется от 1,3 до 15.

Таким образом, при обнаружении подкожных образований можно выбрать единое начальное значение $z_0 = 7$.

Приведенный алгоритм использовался для оценки влияния ошибки измерения сигнала b на точность вычисления C и z .

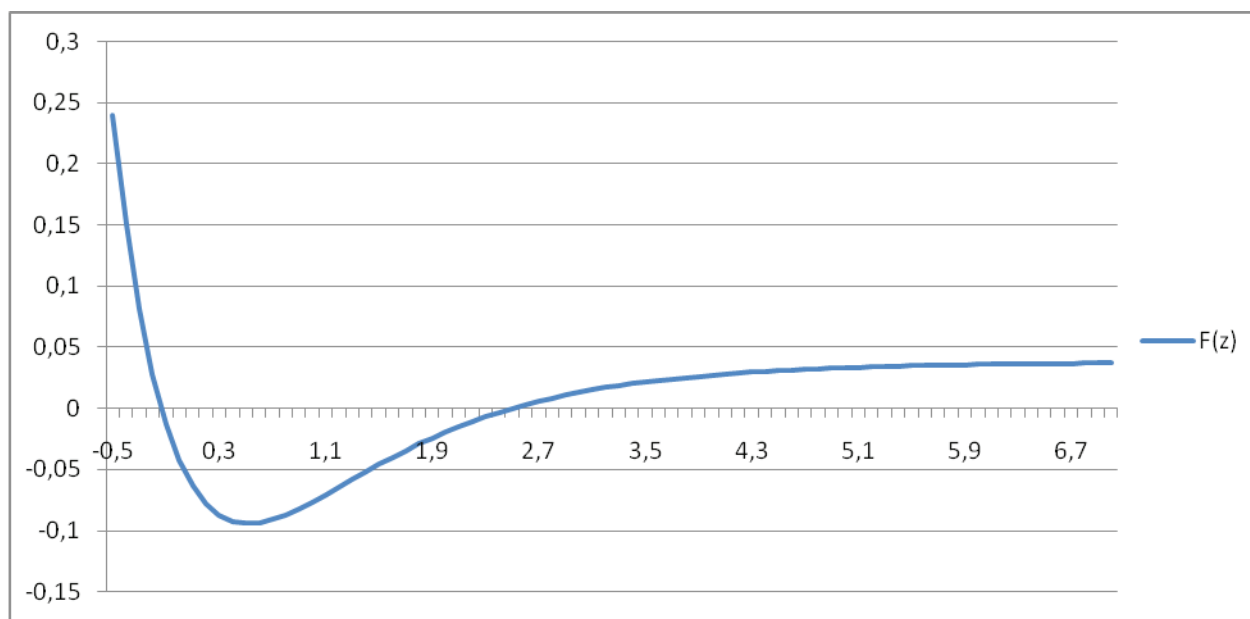


Рис. 2

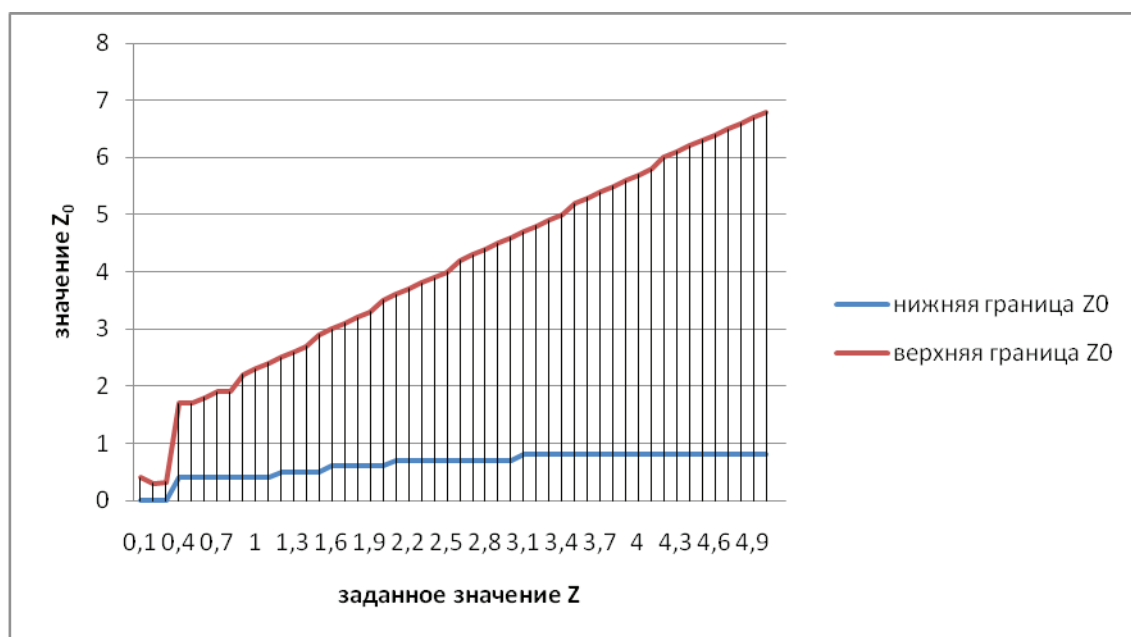


Рис. 3

При аналитическом решении и условии $\tau(\lambda_2) = 2 \cdot z$ оценочные значения c^* и z^* рассчитывались по следующим формулам:

$$c^* = \frac{1}{4} \cdot \frac{\left[-1 + \left[\frac{a}{3b} \cdot R + 4 \cdot a \cdot \frac{(a-1)^2}{R} \right]^2 \right]}{a},$$

$$\text{где } R = \left[\left[-108 + 12 \cdot \left[\frac{-\left[12 \cdot a^{\frac{1}{3}} - 36 \cdot a^{\frac{1}{2}} + 36 \cdot a - 12 - 81 \cdot b \right]^{\frac{1}{2}}}{b} \right]^{\frac{1}{2}} \right] \cdot b^2 \right]^{\frac{1}{8}}.$$

$$z^* = -\ln \frac{1}{(2 \cdot c^*)} \cdot \left[1 - (1 + 4 \cdot c^* \cdot a)^{\frac{1}{2}} \right].$$

Результаты моделирования приведены в табл.1 и на рис. 4.

Таблица 1

	$\tau(\lambda_2) = 2 \cdot z$		$\tau(\lambda_2) = d \cdot z$	
	c^*	z^*	c^*	z^*
b*1/1000	1,073362	4,9994986	1,0041087	4,9999719
b*2/1000	1,1465402	4,9989976	1,0082169	4,9999439
b*3/1000	1,2195352	4,9984972	1,0123247	4,9999158
b*4/1000	1,2923476	4,9979972	1,016432	4,9998878
b*5/1000	1,3649781	4,9974978	1,0205388	4,9998597
b*6/1000	1,4374272	4,9969988	1,0246451	4,9998316
b*7/1000	1,5096955	4,9965004	1,028751	4,9998036
b*8/1000	1,5817837	4,9960024	1,0328563	4,9997755
b*9/1000	1,6536922	4,995505	1,0369612	4,9997475
b*10/1000	1,7254218	4,995008	1,0410657	4,9997194

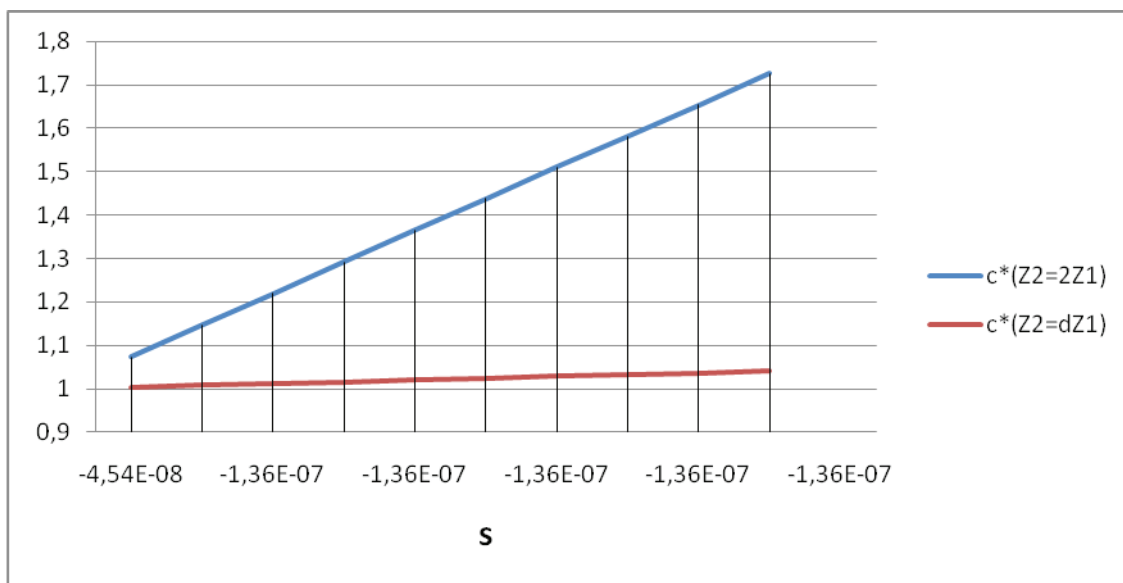


Рис. 4

Таким образом, уменьшение значения d с 2 до 1,3 при реализации многоспектрального метода позволяет уменьшить погрешность вычисления коэффициента отражения C более чем в 17 раз и обеспечить более точном вычислении значения оптической толщины z .

Литература:

1. Пересыпкина Е.Н., Истомина А.И., Черникова А.М., Чичканова О.В., Альмас Г.Ф. Двухчастотный метод обнаружения низкоконтрастных подкожных образований // Молодой ученый. — 2012. — №5. — С. 552–556.

Кинетика образования эмульсии в кавитационном диспергаторе битумно-эмульсионной установки

Бауман Екатерина Владимировна, аспирант;
Коц Иван Васильевич, кандидат технических наук, доцент
Винницкий национальный технический университет (Украина)

Свойства кавитации для разрушения сплошности — диспергирования потоков взаимнонерастворимых веществ в последнее время начали широко использовать для интенсификации некоторых технологических процессов [2]. В научно-исследовательской лаборатории гидродинамики Винницкого НТУ разработано оборудование для приготовления битумных эмульсий, принцип работы которого базируется на создании кавитации [1]. Сопутствующие гидродинамические факторы кавитации создают условия для эмульгирования битума в водном растворе поверхностно-активных веществ [2].

Основным параметром характеризующим процесс кавитации является число кавитации [2], физический смысл которого заключается в соотношении давления, приводящего к схлопыванию кавитационной каверны, к давлению, которое приводит к её образованию и росту:

$$\chi = 2 \frac{p_3 - p_n}{\rho_c v_2^2}, \quad (1)$$

где p_3 — абсолютное давление, Па; p_n — давление насыщенного пара, Па; ρ — плотность вещества, кг/м³; v_2 — скорость потока жидкости на выходе с самого узкого участка кавитационного диспергатора, м/с.

Целью теоретического исследования рабочего процесса эмульгирования битума с помощью кавитационного диспергатора предложенной конструкции при приготовлении строительной продукции — битумной эмульсии, является: исследование условий возникновения и развития кавитации в кавитационном диспергаторе, разработка модели динамики рабочего процесса эмульгирования битума, выбор обобщенных функциональных зависимостей позволяющих осуществлять выбор рациональных режимов и конструктивных параметров узла эмульгирования, анализ с помощью численного экспериментирования влияния параметров и характеристик установки для приготовления битумной эмульсии на характеристику полученной продукции — битумную эмульсию.

При разработке математической модели рабочего процесса приготовления битумной эмульсии с помощью кавитационного диспергатора предложенной конструкции были приняты следующие допущения: процесс адиабатный; вследствие незначительного, по сравнению с битумом и водой количества соляной кислоты и эмульгатора, их влияние на реологические свойства смеси не учитываются; сжимаемость рабочей жидкости не учитываем; давление насыщенного пара для компонентов, а также плотность каждого из компонентов этой смеси зависят от физико-механических свойств жидкости и от температуры и принимаются в соответствии с рекомендациями [3].

Процесс эмульгирования битума в водном растворе составляющих компонентов эмульсии в предложенной установке для приготовления битумных эмульсий происходит следующим образом [1]. После равномерного распределения составляющих компонентов в потоке сырья, которое происходит в статическом смесителе, сырье поступает в конфузную часть 1 кавитационного диспергатора (рис. 1), где происходит постепенное сужение потока и, как следствие, увеличивается скорость движения потока, а значит давление в этом сечении также постепенно уменьшается. Далее поток поступает в диффузную часть 2 кавитационного диспергатора, где конусообразный рабочий орган 3 кавитатора образует зазор между внутренней поверхностью диффузной части 2 и наружной поверхностью рабочего органа диспергатора 3, регулирование которого обеспечивает дальнейшее падение давления до некоторого критического значения (до давления насыщенного пара для данной жидкости). Обработываемая жидкость попадает в зону критического давления, происходит холодное кипение — образование парогазовых пузырьков (кавитация), которые двигаются дальше и при попадании в зону повышенного давления (за узлом эмульгирования) интенсивно схлопываются, разрушая при этом сплошность потока, т.е. осуществляется диспергирование битума в водном растворе ПАВ.

Для определения скорости прохождения потока жидкости через зазор, образованный внутренней поверхностью конфузной части и поверхностью рабочего органа кавитационного диспергатора, запишем уравнение Бернулли для сечений 1—1 и 2—2:

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h_{wi} \quad (2)$$

где z_1, z_2 — геометрический напор в сечениях 1—1 и 2—2, м; p_1, p_2 — абсолютное давление в сечениях 1—1 и 2—2, Па; γ — удельный вес, Н/м³; v_1, v_2 — скорость движения потока жидкости в сечениях 1—1 и 2—2, м/с; $\sum h_{wi}$ — суммарные потери давления на участке между рассматриваемыми сечениями, м.

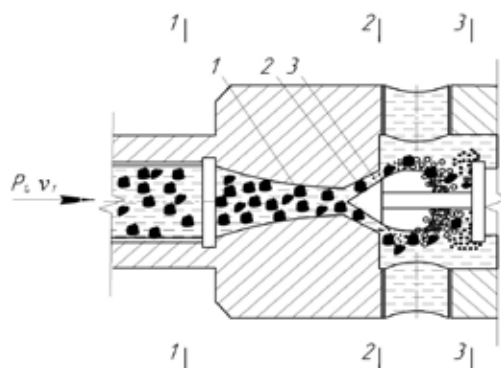


Рис. 1. Схема получения битумной эмульсии в кавитационном диспергаторе предложенной конструкции

$$\text{Уравнение потерь для сечений 1-1 и 2-2: } v_1 S_1 = v_2 S_2, \quad (3)$$

где S_1, S_2 — площадь поперечного сечения проходных отверстий диспергатора 1-1 и 2-2, м^2 .

Пренебрегая потерями давления по длине, вследствие их малости, потери на местных сопротивлениях рассчитываем по формуле Дарси-Вейсбаха [5]:

$$h = \xi_m \frac{v_1^2}{2g}, \quad (4)$$

где ξ_m — коэффициент местного сопротивления.

Следовательно, скорость движения потока сырья через сечение 2-2:

$$v_2 = \mu_1 \sqrt{2g \frac{p_m}{\gamma}}, \quad (5)$$

где p_m — избыточное давление, Па ; μ_1 — коэффициент, который определяем по формуле:

$$\mu_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{S_2^2}{S_1^2} (\xi_m - 1)}}. \quad (6)$$

При рассмотрении сечения 3-3 получим значение абсолютного давления, при котором происходит схлопывание кавитационных пузырьков:

$$p_3 = \frac{\rho_c v_3^2}{2}, \quad (7)$$

где v_3 — скорость движения потока сырья в сечении 3-3, м/с .

Поскольку расстояние между сечениями 2-2 и 3-3 мало, то предположим, что $v_3 \cong v_2$. Подставив в (1) уравнения (5) и (7), получим число кавитации:

$$\chi = 1 - \frac{p_n \gamma}{\rho_c \mu_1^2 g p_m}. \quad (8)$$

После подстановки в уравнение (8) выражения (6), окончательно получим:

$$\chi = 1 - \frac{p_n (1 - \frac{S_2^2}{S_1^2} (\xi_m - 1))}{p_m}. \quad (9)$$

Из анализа уравнения (9) видно, что с увеличением давления в системе число кавитации увеличивается. Кроме того, происходит увеличение числа кавитации также с увеличением площади зазора между рабочим органом и внутренней поверхностью диффузорной части диспергатора.

Был рассмотрен реальный процесс приготовления битумной эмульсии в кавитационном диспергаторе при следующие параметрах: давление насыщенного пара низкокипящих компонента (воды) при температуре потока сырья $T=90^\circ$ [3], $p_n = 70927,5 \text{ Па}$; площадь поперечного сечения входного патрубка конфузорной части диспергатора, $S_1 = 0,000804 \text{ м}^2$; плотность битума при нагревании приближается к плотности водного раствора эмульгатора, поэтому на основании проведенных опытов установлено, что плотность механической смеси входящих компонентов сырья может быть при-

нята равной $\rho_c \approx 1000 \text{ кг/м}^3$; согласно [5] усредненное значение коэффициента местного сопротивления между сечениями 1–1 и 3–3 было принято $\xi_m = 1,44$.

На основании вышепринятых параметров можно построить зависимость числа кавитации χ от давления в системе p_m (рис. 2) и числа кавитации χ от площади зазора между рабочим органом и внутренней поверхностью диффузорной части кавитационного диспергатора S_2 (рис. 3).

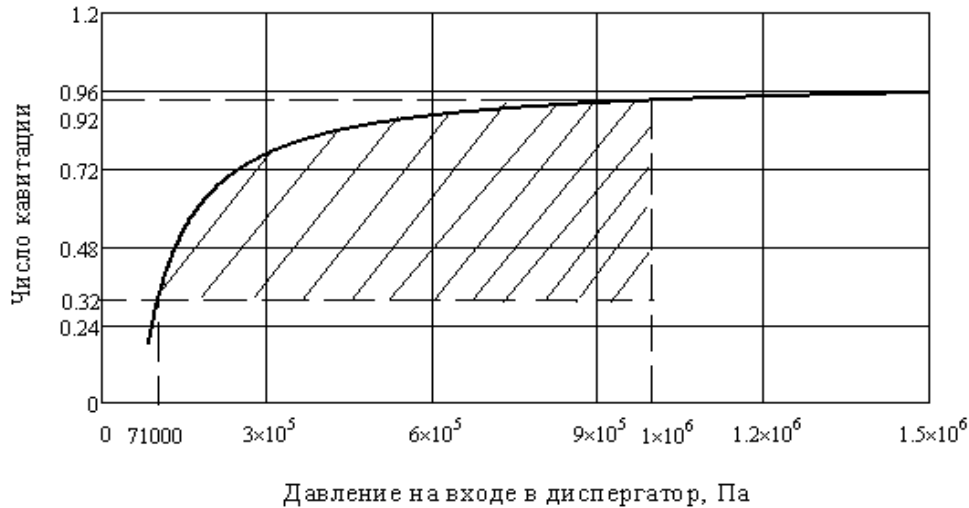


Рис. 2. Зависимость числа кавитации от давления на входе в диспергатор

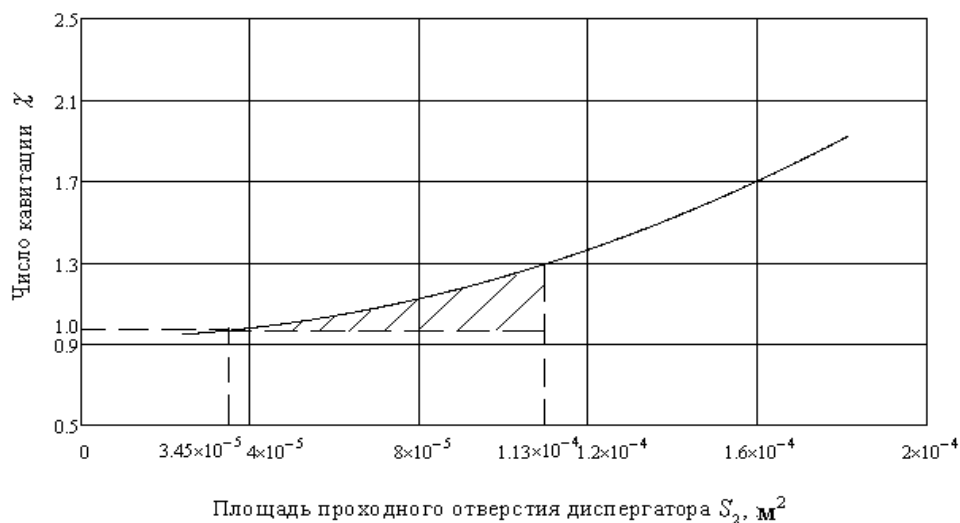


Рис. 3. Зависимость числа кавитации от площади проходного отверстия диспергатора

Увеличение числа кавитации при увеличении давления на входе в узел диспергирования и увеличение зазора между рабочим органом и внутренней поверхностью диффузорной части диспергатора объясняется ростом скорости истечения сырья через сечение 2–2.

Найдем скорость движения сырья через сечение 1–1:

$$v_1 = \frac{v_2 S_2}{S_1}. \quad (11)$$

$$\text{Подставим (7) в (11): } v_1 = \frac{\mu_1 S_2}{S_1} \sqrt{2g \frac{p_m}{\gamma}}. \quad (12)$$

Как было отмечено в [7] «... Качество эмульсии, при прочих равных условиях, определяется ее дисперсностью, т.е. размером дисперсной фазы. Высокая дисперсность битума в дорожных эмульсиях и пастах обуславливает их устойчивость и существенно влияет на основные технологические свойства — вязкость, скорость распада, однородность, толщину пленки вяжущего и сцепление с минеральными материалами...».

Как показал анализ предыдущих известных исследований, прямой зависимости между числом кавитации и дисперсностью полученной эмульсии нет. Предварительные экспериментальные исследования показали, что кривая зависимости между дисперсностью и числом кавитации имеет вид параболы, ограниченной граничными условиями. Следовательно, зависимость между числом кавитации и размером частиц битума можно приближенно представить квадратным уравнением:

$$d_{u1} = ax^2 + bx + c, \quad (13)$$

где a, b, c — экспериментальные коэффициенты; x — число кавитации.

Подставим (10) в (13):

$$d_{u1} = a \cdot \left[1 - \frac{p_n \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2} (\xi - 1) \right)}{P_m} \right]^2 + b \cdot \left[1 - \frac{p_n \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2} (\xi - 1) \right)}{P_m} \right] + c. \quad (14)$$

Согласно [8], коэффициенты a, b , а также свободный член c зависимости (14), которые находятся экспериментально, можно определить по формулам:

$$a = \frac{y_3 - \frac{x_3(y_2 - y_1) + x_2y_1 - x_1y_2}{x_2 - x_1}}{x_3(x_3 - x_1 - x_2) + x_1x_2}, \quad b = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} - a(x_1 + x_2), \quad c = \frac{x_2y_1 - x_1y_2}{x_2 - x_1} + ax_1x_2,$$

где x_1, x_2, x_3 — абсциссы трех любых точек, находящихся на экспериментальной кривой; y_1, y_2, y_3 — соответственно ординаты этих точек.

Например, согласно экспериментальных данных, зависимость дисперсности от площади проходного отверстия диспергатора при постоянном давлении $p = 0,9$ МПа и количестве битума в эмульсии $n = 60\%$ приведена на рис. 4.

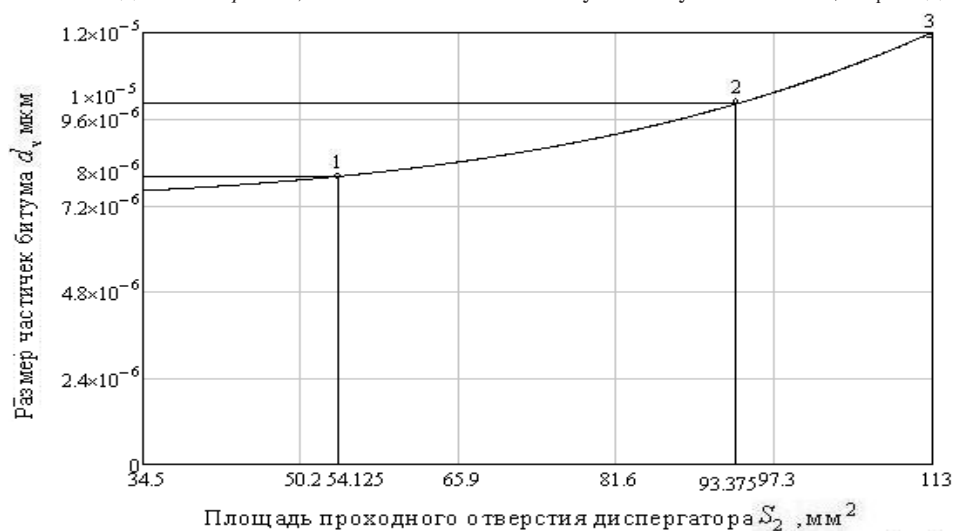


Рис. 4. Зависимость диаметра частиц битума от площади проходного отверстия диспергатора при $p = 0,9$ МПа та $n = 60\%$

В данном случае уравнение (14) принимает вид:

$$d_{u1} = 5,2425 \cdot \left[1 - \frac{p_n \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2} (\xi - 1) \right)}{P_m} \right]^2 - 9,65553 \cdot \left[1 - \frac{p_n \left(1 - \frac{S_2^2}{S_1^2} (\xi - 1) \right)}{P_m} \right] + 4,445847. \quad (15)$$

Сводная таблица 1 иллюстрирует значение старшего a , второго b коэффициентов и значение свободного члена c в зависимости от параметров обработки компонентов эмульсии.

Таблица 1. Уточняющие коэффициенты математической модели процесса эмульгирования битума в предложенной кавитационной установке

Параметры диспергирования			Коэффициенты		Свободный член, с
Площадь проходного отверстия диспергатора, S , мм ²	Количество битума в эмульсии, n , %	Давление на входе в диспергатор P , МПа	старший, a	второй, b	
var	40	0,9	6,491444	-11,95647	5,505604
var	60	0,9	5,2425	-9,65553	4,445847
var	40	1,1	23,666031	-44,280461	20,712804
var	60	1,1	-0,000663	0,01434	-0,012833
var	50	1	0,12056	-0,070093	0,010189
73,5	50	var	-0,000417	0,0006707	-0,00025488

На основании принятых допущений исследована кинетика эмульгирования битума в кавитационном диспергаторе и выполнено математическое моделирование процесса кавитационного диспергирования составляющих битумной эмульсии, которое отражает конструктивные особенности предлагаемого узла диспергирования. Установлена аналитическая зависимость, которая связывает между собой конструктивные и технологические параметры приготовления эмульсии: площадь проходного отверстия кавитационного диспергатора S_2 , давление на входе в диспергатор p_m и характеристику полученной битумной эмульсии — размер частички битума в эмульсии d_q . На основе предварительно проведенных экспериментальных исследований установлены уточняющие коэффициенты для составления математической модели процесса эмульгирования битума в предложенной кавитационной установке.

Литература:

1. Пат. 37338 Україна, МПК8 E01C 19/00 Установка для приготовления битумных эмульсий / Борисенко А.А., Бауман К.В., Коц І.В. — № u200807653; заявл. 04.06.08; опубл. 25.11.08, Бюл. № 22.
2. Кулагин В.А. Методы и средства технологической обработки многокомпонентных сред с использованием эффектов кавитации: Дис.... доктора техн. наук: 01.04.11, 01.02.05 / Кулагин В.А. — Красноярск, 2004. — 299 с.
3. Ривкин С.Л. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. Рек. Гос. Службой стандартных справочных данных — 2-е изд., перераб. и доп. / Ривкин С.Л., Александров А.А. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 80 с.
4. Калицун В.И. Основы гидравлики и аэродинамики / Калицун В.И., Дроздов Е.В. — М.: Сройиздат, 1980. — 247 с.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1992. — 672 с.
6. Радовський Б.С. Дисперсність емульсії при гідродинамічному проточно-кавітаційному способі її отримання / Радовський Б.С., Мозговий В.В., Гамеляк І.П., [та ін.] // Автомоб. дороги і дор. буд-во. — 1997. — Вип. 54. — С. 115—119.
7. Акопян А.А. Геометрические свойства кривых второго порядка. / Акопян А.А., Заславский А.В. — М.: МЦНМО, 2007. — 136 с. — ISBN 978—5-94057—300—5.

Основные компоненты структуры исследовательских математических умений старшекласников

Гаврилина Ольга Викторовна, аспирант
Крымский гуманитарный университет (г. Ялта, Украина)

Ключевой задачей образования в XXI веке является развитие мышления, ориентированного на устойчивое будущее. Современный рынок труда требует от выпускника не только глубоких теоретических знаний, но и спо-

собности самостоятельно их применять в нестандартных, изменяющихся жизненных ситуациях, перехода от общества знаний к обществу жизненно компетентных граждан. Это требует профессиональной и социальной мобиль-

ности, непрерывного образования и профессионального совершенствования. Одной из главных задач обучения в современной школе становится развитие творческого мышления учащихся. Данное требование обусловлено активным развитием научно-технического прогресса и вытекает из закономерности объективной необходимости целенаправленного развития творческих способностей всех членов общества. Школа должна формировать умения учиться самостоятельно, всесторонне развивать и активизировать элементы творчества в познавательной деятельности.

Для приобщения всех учащихся в процесс творческого познания необходимо включать в преподавание математики различные виды самостоятельной исследовательской деятельности. В связи с этим, сегодня перед школьным математическим образованием стоят задачи подготовки компетентных, познавательно-активных учеников, способных к успешной самореализации в динамической социальной среде; дальнейшего выбора и успешного освоения профессии, требующей высокого уровня математических знаний; подготовки к обучению в высшем учебном заведении с соответствующим профессиональным направлением. Реализация этих задач требует внедрения в учебный процесс современной школы учебной исследовательской работы как важного средства формирования у старшеклассников устойчивого интереса и готовности к творческой деятельности. Сформированные познавательный интерес, творческие способности, исследовательские математические умения учащихся является фундаментом формирования будущих квалифицированных специалистов. Именно поэтому система школьного образования, сегодня должна быть нацелена на выпускника, способного легко адаптироваться к быстро меняющимся условиям, находить решения возникающих проблем через владение исследовательскими умениями.

В связи с этим, актуальной становится проблема создания новой теоретико-методологической базы формирования учебных исследовательских математических умений старшеклассников.

Для выяснения содержания и структуры исследовательских математических умений старшеклассников важным является установление их дидактической сути. При обосновании специфики понятия «исследовательские математические умения старшеклассников» мы придерживались дедуктивного метода исследования, выделив вначале содержание родовых понятий в логической цепочке взаимозависимых категорий: «умение», «учебное умение», «исследовательские математические умения». Определив, таким образом, последовательность теоретического анализа, уточним сущность и трактовку базовых понятий, которые легли в основу нашего исследования.

Учебные исследовательские математические умения необходимо рассматривать с позиций психологической теории деятельности — фундаментальной теории современной психологии, так как формирование умений предусматривает овладение определенными видами деятель-

ности в учебном процессе. А.Н. Леонтьев указывает также, что умение есть сложное устойчивое образование, сплав системы знаний и навыков; психическое свойство личности, ставшее внутренней возможностью наиболее успешного выполнения деятельности, способность [6].

Так, в научной литературе можно найти различные толкования понятия «умение», поэтому для качественного анализа рассмотрим это понятие с точки зрения сущности, структуры и особенностей его функционирования.

В определении сущности умения многие ученые придерживаются мнения, что это знания в действиях (И.А. Ур-клин) [11]. Или сошлемся на К.К. Платонова [9]: это вид опыта личности, приобретенный как совокупность знаний и гибких навыков, сформированных положительным переносом, который обеспечивает возможность выполнения определенной деятельности или действия в новых условиях. Вместе с тем, в педагогической энциклопедии сущность умения определяется, как возможность эффективно выполнять действие (деятельность в соответствии с целями и условиями, в которых приходится действовать); при этом оно может быть как практическим, так и теоретическим. Согласно концепции Д.Н. Богоявленского и П.А. Менчинской [1], понятие «умение» является тождественным понятию «прием» («способ действия»). Умение включает в себя знание о способах действия и практическое владение ими. Более сложные умения включают в себя системы приемов. «Умение — это мастерство, это способность использовать имеющиеся у вас сведения для достижения своих целей, умение — это способность методично работать», отмечает Д. Поля [10].

В современной психолого-педагогической литературе нет однозначного толкования термина «умение». Можно выделить два основных подхода к рассмотрению этого понятия:

1) умение рассматривается как процесс деятельности, отдельные действия, усвоенные человеком, выполняемые сознательно (П. Я. Гальперин, И.Я. Лернер, Н.Ф. Талызина и др.)

2) умение рассматривается как готовность и способность выполнять определенные виды деятельности (П.Б. Гурвич, В.А. Петровский, Г.И. Щукина и др.).

В ходе определения структуры умения широкое научное толкование понятия дает Е.А. Милерян [8, с. 51–52]. По его мнению, это «чрезвычайно сложное структурное объединение чувственных, интеллектуальных, эмоциональных качеств личности, которые формируются и проявляются в сознательном, целесообразно, успешном осуществлении действий, обеспечивающих достижение поставленной цели деятельности в изменяющихся условиях».

Функциональность понятия умения обнаруживается в успешном использовании знаний и навыков, правильном применении их в новых и сложных обстоятельствах. В отличие от навыка, умение предусматривает четкий самоконтроль, активность сознания, овладение обобщенными способами выполнения действий. Исследователи М.И. Дьяченко [4], Л.А. Кандыбович [4] определяют такие

свойства умения как большую, в сравнении с навыком, подвижность, которая позволяет успешно решать поставленные задачи в непостоянных условиях деятельности; сознательный характер выполнения действия с возможностью перехода в творчество. Общим признаком умений и навыков является то, что они характеризуют готовность ученика выполнять действия. Эта готовность приобретает на основе усвоения способов учебно-познавательной деятельности. Овладение какой-либо деятельностью предполагает не один навык, а несколько. Совокупность навыков, относящихся к одной и той же деятельности, является основой умения.

По мнению Е.Н. Бойко [2], в понятии «умение», с функциональной точки зрения, содержится важнейшее осознанное приспособление действия к требованиям изменяющейся ситуации. Ситуативности функционирования умений раскрывается П.М. Гапоновым [3] и В.А. Крутецкий [5]. Она заключается в комбинировании знаний на практике в условиях, отличающихся от тех, в которых они формировались.

В психолого-педагогической литературе существуют различные классификации умений. Как правило, все умения подразделяются на простые и сложные, специальные (предметные) и общеучебные. Так, Т.И. Шамова выделяет интеллектуальные, общие и специальные умения, называя их способами учения. К интеллектуальным она относит, в частности, овладение мыслительными операциями, т.е. сравнения, анализа, синтеза, обобщения. В группу общих умений исследователь включает умения планировать познавательную деятельность, рационально ее организовывать и контролировать выполнение. Специальные умения выделяются по направленности деятельности на усвоение содержания учебного предмета. А.В. Усова все умения подразделяет на две большие категории: умения практического характера и умения познавательного характера [12].

Таким образом, в результате анализа психолого-педагогических исследований необходимо отметить, что в определении сущности понятия «умение» единого мнения не представлено. В то же время выделяются основные характеристики умения. Это и способность личности, и практические и умственные действия, и опыт осуществления операций и действий. В качестве структурной характеристики умения определена система умственных, практических действий и других компонентов. Так, среди основных свойств умений выделены разносторонность, гибкость, качество, скорость функционирования и обобщенность. Учитывая это, умение будем рассматривать как владение сложной системой действий и операций, которые подчинены осознанной цели и используются человеком в новых для него условиях благодаря позитивному переносу приобретенных знаний и навыков.

По И.Я. Лернеру сущность учебных умений состоит в подготовке учащихся к самоорганизации своего учения и соответствующей ему познавательной деятельности [7, с. 229]. В содержании образования умения, различаемые

по функциям, он объединяет в три группы в зависимости от их роли в учении. Одни являются предметными способами деятельности данной отрасли (умения математические, химические, биологические и т.д.). Другие служат способами усвоения разных видов содержания (восприятие, осознание воспринятого, запоминание, проявление структур творческого поиска и др.). Третьи выступают в роли способов организации своих действий по усвоению предметного содержания — знаний и способов деятельности. К учебным умениям относятся умения третьей группы, которые И.Я. Лернер определяет как способы организации субъектом своего усвоения и свойственной последнему познавательной деятельности, как умения, содействующие усвоению, т.е. служащие катализатором его, но не составляющие самого механизма усвоения.

В основе классификации учебных умений положены функции способов обеспечения успешного учения (самоорганизации учащимися своей учебной деятельности). Выделяются четыре группы умений: организационные, практические, интеллектуальные, (включающие наглядно-образную деятельность), психолого-характеристические. В большой мере в исследовании внимание обращается к третьей группе, поскольку в них главенствующая роль принадлежит мышлению, воображению.

Поскольку исследования, проводимые учащимися, являются учебными, то и формируемые в процессе этой деятельности исследовательские умения являются также учебными.

В свою очередь, понятие учебные «исследовательские умения» требует дополнительного уточнения его сущности и структуры. Анализируя суть этого понятия, отметим, что мнение ученых неоднозначно в данном вопросе. В.В. Успенский, В.П. Ушачов учебные исследовательские умения выделяют в отдельную группу. Необходимость выделить исследовательские умения в отдельную группу объясняется ростом темпов развития техники, технологий, науки, роли научного подхода к любой деятельности, даже если она не носит научного характера. Получения знаний на основе поиска и исследования способствует развитию творческого мышления, умственных способностей и повышение качества знаний. В.И. Андреев отмечает, что учебные «исследовательские умения» — умение применять прием соответствующего научного метода познания в условиях решения учебной проблемы, в процессе выполнения учебного исследовательского задания. В описании уровней развития умений учебной исследовательской деятельности А.Г. Иодко перечисляет умения, которые необходимы при проведении исследования школьниками. К ним относятся: умения сравнивать, наблюдать, находить причинно-следственные связи и др. Однако, по ее мнению, для проведения исследования недостаточно обладать теми или иными единичными исследовательскими умениями. Необходимо научить ученика пользоваться ими в совокупности.

В своем исследовании мы придерживались определения, данного В.П. Ушачевым: «Учебные исследова-

тельные умения — способность ученика выполнять умственные и практические действия, соответствующие научно-исследовательской деятельности и подчиняется логике научного исследования, на основе знаний и умений, которые приобретаются в процессе изучения основ наук». Обзор и анализ основных исследований, в которых современные ученые рассматривают формирование учебных исследовательских умений учащихся, выявляет наличие различных взглядов на трактовку понятия исследовательских умений учащихся и дает возможность сделать выводы:

1) учебные исследовательские умения относятся к общеучебным умениям учащихся (применяются к разного предметного содержания);

2) способность учащихся выполнять систему действий умственного и практического характера, подчиняется логике научного исследования на основе знаний, умений и навыков, сознательно используются и приобретаются в образовательном процессе.

Определение структуры учебных исследовательских умений предусматривает определение системы действий, которые подчиняются логике научного исследования, на основе которых формируются учебные исследовательские умения.

Исследовательские умения, как готовность к осуществлению исследовательской деятельности, являются сложными и обобщенными, так как обладают свойством широкого переноса в новые условия, применимы к разному предметному содержанию и расширяют возможности творческого применения полученных знаний на практике.

По мнению В.Н. Литовченко исследовательские умения представляют собой совокупность систематизированных знаний, умений и навыков личности, взглядов и убеждений, которые определяют функциональную готовность старшеклассника к творческому поисковому решению познавательных задач. Автор разделяет исследовательские умения на группы:

1) операционные исследовательские умения, к которым относят умственные приемы и операции, используемые в исследовательской деятельности: сравнение, анализ и синтез, абстрагирование и обобщение, выдвижение гипотезы, сопоставление;

2) организационные исследовательские умения, которые включают применение приемов организации в научно-исследовательской деятельности, планирование исследовательской работы, проведения самоанализа, регуляция собственных действий в процессе исследовательской деятельности;

3) практические исследовательские умения, которые охватывают обработку литературных источников, проведения экспериментальных исследований, наблюдения фактов, событий и обработка данных наблюдений, внедрение результатов в практическую деятельность;

4) коммуникативные исследовательские умения, предусматривающие применение приемов сотрудничества в

процессе исследовательской деятельности, для осуществления взаимопомощи, взаимоконтроля.

В структуру исследовательских умений входят знания, необходимые для ориентации в определенных исследовательских заданиях — ориентировочные знания: о научном стиле мышления и труда; об эвристических правилах и логических приемах; общей гигиене умственного труда.

С.И. Брызгалова классифицирует исследовательские умения в зависимости от логики научного исследования на: научно-информационные, методологические, теоретические, эмпирические, письменно-языковые, коммуникативно-языковые.

Д.Г. Левитес к исследовательским умениям относит умение формулировать цель исследования, устанавливать предмет и объект исследования, выдвигать гипотезы, планировать эксперимент и его проведение, проверять гипотезы, определять сферы и границы применения результатов исследования.

Итак, мы видим, среди ученых нет единого мнения о структуре учебных исследовательских умений учащихся. Проведенный анализ толкований структуры учебных исследовательских умений говорит о разном содержании, что вкладывают авторы различных областей знаний в данное понятие. При этом общим и бесспорным является то, что во всех случаях учебные исследовательские умения должны соответствовать основным обобщенным этапам исследовательской деятельности.

Анализ научной, педагогической, методической, психологической литературы позволяет сделать вывод, что учебные исследовательские умения учащихся (как составляющие творческой деятельности (учебной и исследовательской)), невозможно представить как точно описаны и строго регулируемые системы операций или действий. Любое структурирование будет носить условный характер, и изменяться в зависимости от предмета исследования, поставленной цели и т.д. В рамках данного исследования, учитывая особенности обучения учащихся в старших классах, логику научного исследования, будем рассматривать учебные исследовательские умения учащихся, состоящих из следующих компонентов: организационного, информационного, интеллектуального, коммуникативного, технического. Каждый из перечисленных компонентов состоит из умений, которые представлены в таблице 1.

При этом указанный состав умений носит вариативный характер и может изменяться, дополняться в зависимости от предмета деятельности, способностей субъекта деятельности, а реализация каждого из приведенных умений предусматривает выполнение более простых действий.

Учебно-исследовательские умения (такие как видение проблемы, выдвижение гипотезы, планирование ее проверки, сопоставление полученного результата с предполагаемым, умение делать правильные выводы) вряд ли можно автоматизировать, хотя, безусловно, эти умения формируются на основе знаний, простых умений и определенных навыков.

Таблица 1. Структурные компоненты учебных исследовательских умений

Компоненты	Умения
Организационный	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нацеливать себя на выполнение поставленного задания. 2. Планировать проведение работы. 3. Подбирать материалы для исследования. 4. Обрабатывать полученные данные. 5. Проверять результаты. 6. Проводить самооценки учебной деятельности.
Информационный	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пользоваться каталогом или электронным источником сведений. 2. Пользоваться необходимыми литературными источниками: словарями, учебниками, энциклопедиями, другими печатными изданиями. 3. Пользоваться техническими средствами массового информирования: радио, телевидение, Интернет, мобильная связь. 4. Использовать наблюдения, беседы. 5. Составлять план, реферат, таблицы, схемы, диаграммы.
Интеллектуальный	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализировать и сравнивать. 2. Использовать анализ, синтез и аналогию. 3. Применять абстрагирования и обобщения. 4. Моделировать. 5. Систематизировать. 6. Использовать индуктивность вывода и устанавливать причинно-следственные связи. 7. Выдвигать гипотезы. 8. Анализировать сообщения, давать им оценку.
Коммуникативный	<ol style="list-style-type: none"> 1. Слушать. 2. Выражать свои мысли. 3. Вести полемику, участвовать в дискуссии. 4. Аргументировать, доказывать.
Технический	<ol style="list-style-type: none"> 1. Работать с аппаратурой, приборами, инструментами. 2. Работать с компьютером и соответствующими программными средствами.

Познавательные возможности и интересы учащихся, их знания можно рассматривать как результат и как инструмент исследования явлений действительности и их совместной с учителем деятельности. Знания и приобретенные умения обеспечивают поле поиска. Интеллектуальные умения являются основой формирования учебных исследовательских умений.

Исследовательский подход преобразует традиционное

обучение на основе продуктивной деятельности учащихся, определяет разработку моделей обучения как иницируемого учащимися усвоения нового опыта в области математики. В рамках этого подхода целью обучения является развитие у учащихся возможностей самостоятельно осваивать новый опыт. Ориентиром деятельности педагога и учащихся является порождение новых знаний, способов действий, личностных смыслов.

Литература:

1. Богоявленский Д.Н., Менчинская П.А. Психология усвоения знаний в школе / Д.Н. Богоявленский, П.А. Менчинская. — М.: Изд-во АПН РСФСР, 1959. — 347 с.
2. Бойко Е.Н. К постановке проблемы умений и навыков в современной психологии / Е.Н. Бойко // Советская педагогика. — 1955. — № 1. — С. 41–45.
3. Гапонов П.М. Лекция в высшей школе / П.М. Гапонов. — Воронеж: Издательство Воронежского университета, 1977. — 96 с.
4. Дьяченко М.И., Кандыбович Л.А. Психология высшей школы / М.И. Дьяченко, Л.А. Кандыбович. — Минск: БГУ, 1981. — 383 с.
5. Крутецкий В.А. Основы педагогической психологии / В.А. Крутецкий. — М.: Просвещение, 1972. — 255 с.
6. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность / А.Н. Леонтьев. — М.: Педагогика, 1980. — 382 с.
7. Лернер И.Я. Поисковые задачи в обучении как средство развития творческих способностей / И.Я. Лернер / В кн.: Научное творчество / под ред. С.В. Микулинского, М.Г. Ярошевского. — М.: Наука, 1969. — С. 413–418.

8. Милерян Е.А. Психология формирования общетрудовых политехнических умений / Е.А. Милерян. — М.: Просвещение, 1973. — 299 с.
9. Платонов К.К. О знаниях, навыках и умениях / К.К. Платонов // Советская педагогика. — 1963. — №11. — С. 98–103.
10. Пойа Д. Как решать задачу: пособие [для учителей] / Д. Пойа ; [пер. с англ. В.Г. Звонарёвой и Д.Н. Гайдука]. — [2-е изд.]. — М.: Гос. учеб.-пед. изд-во М-ва просвещения РСФСР, 1961. — 207 с.
11. Урклин И.А. Основы вузовской педагогики: учеб. пособие / под ред. Н.В. Кузьминой, И.А. Урклин. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1972. — 311 с.
12. Усова А.В. Формирование у учащихся учебных умений / А.В. Усова, А.А. Бобров. — М.: Знание, 1987. — 80 с.

Определение конструктивно-режимных параметров модернизированного щелевателя

Герасименко Игорь Владимирович, кандидат технических наук;
Потешкин Константин Сергеевич, преподаватель
Оренбургский государственный аграрный университет

В зависимости от физико-механических свойств почвы и климатических условий необходима своя оптимальная технология основной обработки почвы. Для улучшения структуры почвы и повышение урожайности зерновых культур нами предлагается применение комбинированной машины — щелевателя для нарезки водопоглощающих щелей с одновременным мульчированием их соломой (рис. 1).

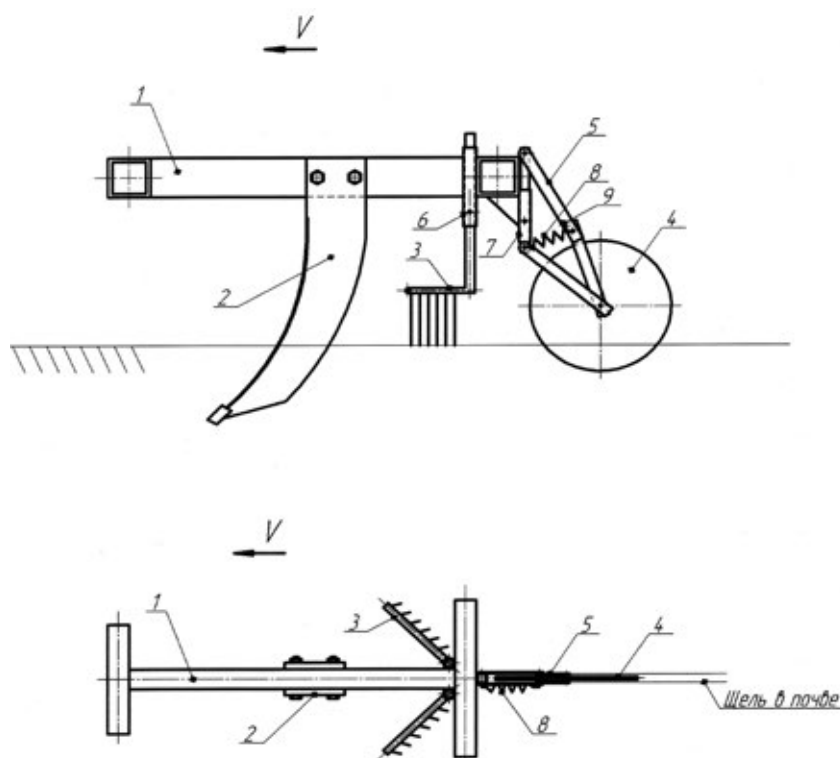


Рис. 1. Схема экспериментального почвообрабатывающего агрегата:
1 – рама; 2 – щелерез; 3 – граблина; 4 – заделывающий диск; 5 – параллелограммный механизм;
6 и 7 – регулировочные устройства; 8 – пружина; 9 – стопор

Применение щелевателя способствует созданию более рыхлого слоя по всей глубине обрабатываемого слоя. В зоне Южного Урала плотность почвы после обработки ее осенью плоскорезом или глубокорыхлителем обычно равна

1,03...1,09 г/см³ [1], а после щелевателя она снижается до 0,95...0,97 г/см³. Это обеспечило лучшее задержание влаги при таянии снега и повысило общие запасы ее в метровом слое почвы, что дало прибавку урожайности зерновых.

Рабочим органом щелевателя являются щелерез, от геометрических параметров которого и их взаимного расположения зависит не только выполнение агротехнических требований, предъявляемых к щелеванию, но и тяговое сопротивление машины.

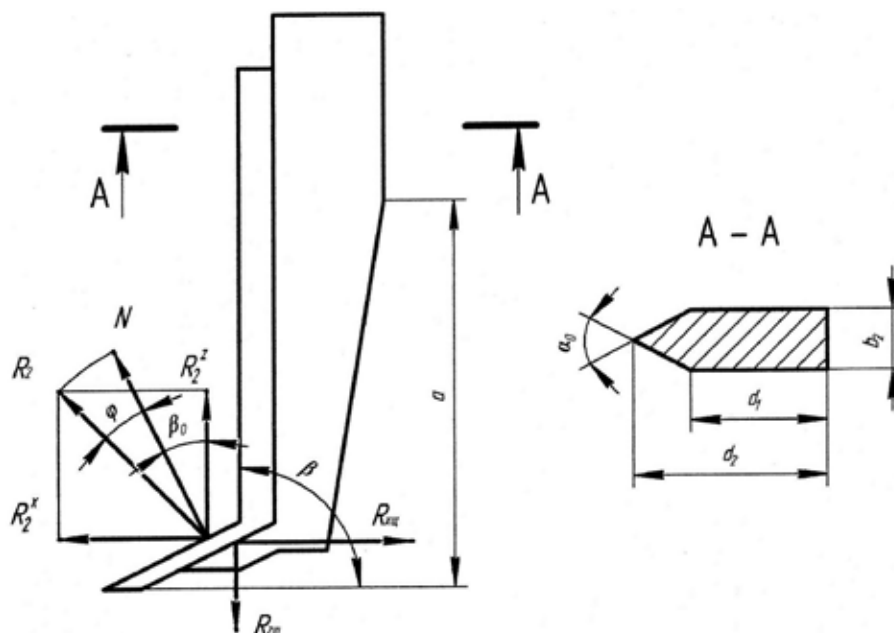


Рис. 2. Расчетная схема щелереза

Для исследования влияния конструктивных параметров щелереза на его тяговое сопротивление была составлена расчетная схема (рис. 2) и получены следующие зависимости для определения горизонтальной $R_{xц}$ и вертикальной $R_{zц}$ составляющих сил, действующих на щелерез [2]:

$$R_{xц} = \frac{a_0 b_2}{\sin \beta} \left(\rho_1 + \rho_1 f \operatorname{ctg} \frac{\alpha_0}{2} + \rho_2 f \frac{2d_0}{b_2} - \frac{\rho_2 f}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2}} \right) + 0,5 q b_3 h^2 \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta_0 \sin(\beta_0 + \varphi)}{\cos \varphi}; \quad (1)$$

$$R_{zц} = 0,5 q b_3 h^2 \cdot \frac{\operatorname{tg} \beta_0 \cos(\beta_0 + \varphi)}{\cos \varphi}, \quad (2)$$

где ρ_1 и ρ_2 — удельное давление почвы соответственно спереди и сбоку на стойку щелереза; f — коэффициент трения почвы о сталь; φ — угол трения; q — коэффициент объемного смятия почвы; h — путь, проходимый долотом за время сжатия; a_0 , b_2 , β , α_0 , b_3 , β_0 — конструктивные параметры щелереза.

Из рис. 3 видно, что установкой долота на щелерез можно снизить тяговое сопротивление щелереза $R_{xц}$ на 20...30% по сравнению с тяговым сопротивлением щелереза без долота ($R_{xц1}$).

При различной глубине хода щелереза минимальное значение силы $R_{xц}$ и лучшую устойчивость по глубине (σ_{a2} — минимальное) обеспечивает угол $\beta_0 \approx 23...27^\circ$.

С увеличением ширины долота b_3 силы $R_{xц}$ и $R_{zц}$ возрастают, что ведет к некоторому увеличению глубины хода щелереза a_2 и улучшению устойчивости σ_{a2} (рис. 4). Однако при этом степень сохранения стерни C уменьшается из-за увеличения зоны деформации почвы. Анализ зависимости (1) показывает, что при увеличении длины долота l_d до 0,15...0,20 м сила $R_{xц}$ уменьшается и при $l_d > 0,2$ она вновь возрастает, приближаясь по величине к силе $R_{xц1}$ (см. рис. 3).

Итак, качественная плоскорезная обработка почвы одновременно с ее щелеванием при минимальном тяговом сопротивлении возможна при следующих значениях параметров щелереза: угол постановки стойки щелереза ко дну борозды — 90° ; угол заострения передней кромки стойки щелереза — 60° ; толщина стойки щелереза — 20 мм; ширина стойки щелереза у основания — 100 мм, а в верхней части — 100 мм; угол постановки долота ко дну борозды $23...27^\circ$; ширина долота — 50...70 мм; длина долота 200...220 мм; толщина долота — 20 мм.

Необходимая длина граблин соломоуловителя L будет зависеть от угла установки самих граблин α (рис. 5) и от расстояния между рабочими органами — щелерезами.

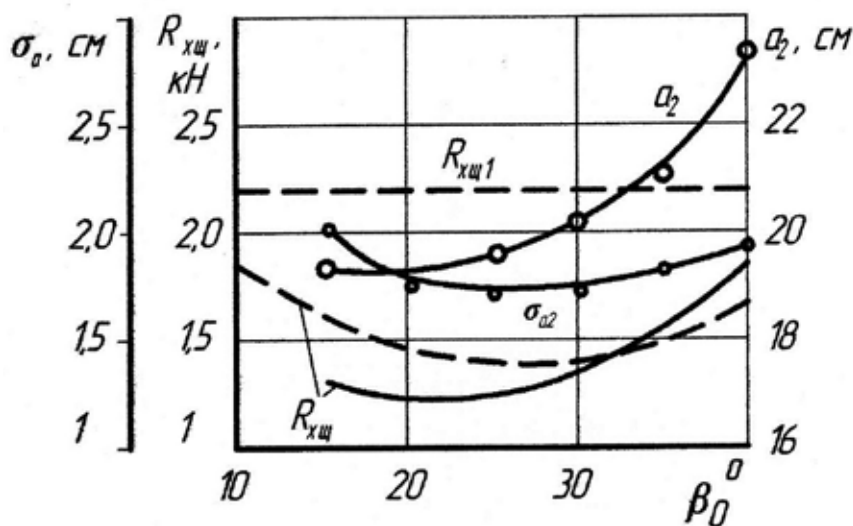


Рис. 3. Тяговое сопротивление щелереза ($R_{xщ}$) и показателей глубины обработки почвы (a_2 , σ_{a2}) в зависимости от угла постановки щелереза относительно дна борозды β_0 (— — эксперим., --- — теоретическая)

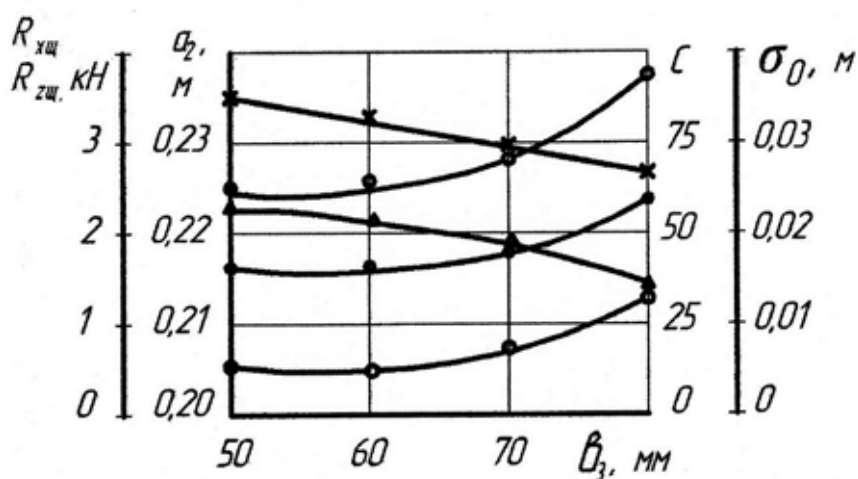


Рис. 4. Силовые и агротехнические показатели работы щелереза от ширины долота

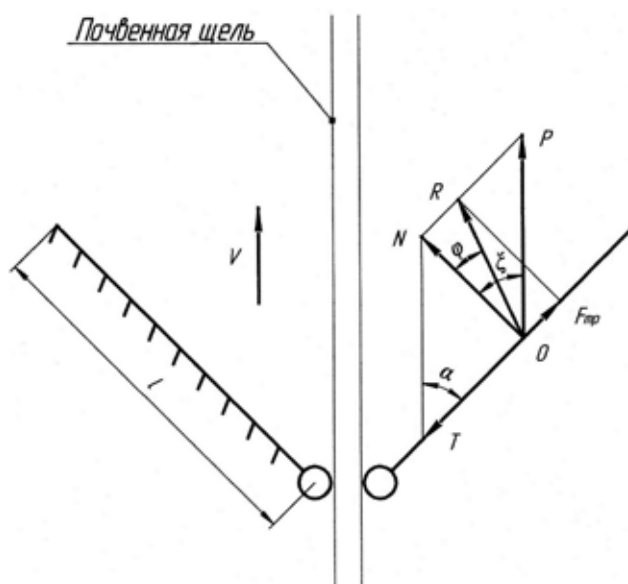


Рис. 5. Схема сил, действующих на солому при контакте с граблиной соломонаправителя

При перемещении агрегата происходит сбор соломы граблями. Со стороны граблины на солому возникает нормальное давление N . При значениях угла $90^\circ > \alpha > 0$ сила N даёт составляющие T и P . Касательная составляющая T стремится вызвать относительное перемещение соломы по граблине. Этому перемещению будет препятствовать сила трения $F_{тр}$, возникающая в плоскости контакта. Величина касательной составляющей

$$T = N \cdot \operatorname{tg} \varepsilon, \quad (3)$$

а предельное значение силы трения

$$F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (4)$$

Поэтому при значениях $\varepsilon \leq \varphi$ и $T \leq F$ относительного перемещения соломы не наступит, солома и граблина будут перемещаться как одно целое по направлению скорости V , т.е. будет происходить забивание.

Относительное перемещение соломы по граблине, а, следовательно, и подача вороха соломы к щели будет происходить при $\varepsilon > \varphi$ и $T > F$.

Угол трения соломы о сталь составляет $\varphi = 13,5^\circ \dots 21,5^\circ$ [3]. Согласно тому, что $\varepsilon + \alpha = 90^\circ$, следовательно, угол установки граблей α не должен превышать $68,5^\circ$.

Для проведения полевых экспериментальных исследований почвообрабатывающего агрегата был использован чизельный плуг ПЧ – 2,5, на который были установлены дополнительные рабочие органы, а именно соломонаправитель и соломозаделыватель.

Из полученных данных был построен график зависимости процента перемещённой соломы от угла установки соломонаправителя (рис. 6). Из графика видно, что при угле $\alpha = 70^\circ$ и выше солома практически не перемещается в горизонтальном направлении, т.е. происходит забивание. Наибольшее количество соломы перемещается при $\alpha \approx 38 \dots 59^\circ$, причем с уменьшением угла α (от 40° до 20°) интенсивность процесса также возрастает, но значительно сокращается ширина захвата соломонаправителя, поэтому в целом количество перемещённой соломы снижается. Таким образом, оптимальное значение угла установки соломонаправителя находится в интервале $\alpha = 45 \dots 55^\circ$.

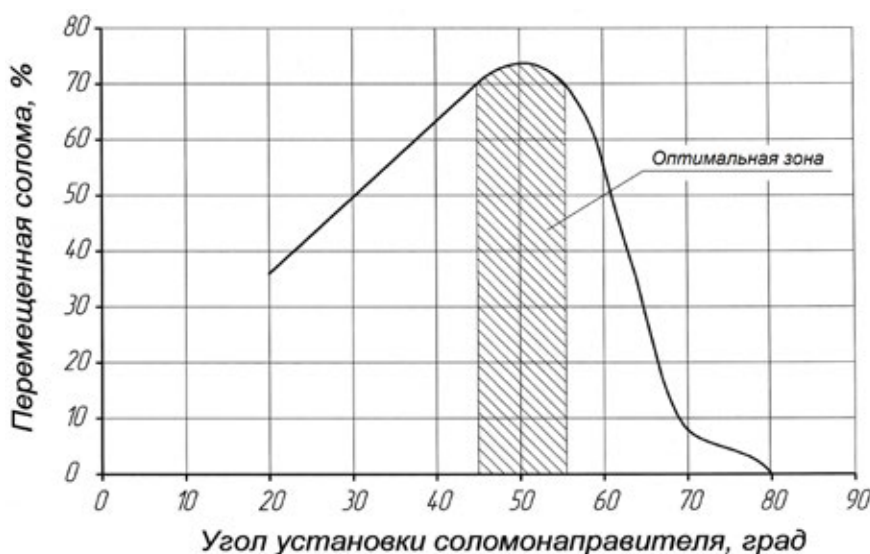


Рис. 6. График зависимости процента перемещённой соломы от угла установки соломонаправителя

Для определения наибольшей необходимой длины граблины L примем угол установки соломонаправителя $\alpha = 45^\circ$, т.к. при больших углах α будет наблюдаться перекрытие, что даст гарантированный сбор соломы по всей ширине захвата агрегата. Учитывая, что расстояние между щелерезами $b = 500$ мм (плуг ПЧ – 2,5), то длина граблей будет равна:

$$L = \frac{b}{2 \cdot \cos(90 - \alpha)} = \frac{500}{2 \cdot \cos(90 - 45)} = 350 \text{ мм} \quad (5)$$

Замеры влажности почвы весной, показали, что данная технология позволяет увеличить влажность на $10,0 \dots 13,5\%$. Что в свою очередь, повышает урожайность зерновых культур на $1,2 \dots 1,5$ ц/га.

Литература:

1. Константинов М.М. и др. Обоснование местоположения дополнительных приспособлений на рабочем органе плоскореза-глубококорыхлителя. Известия Оренбургского госагроуниверситета. — Оренбург, 2011, №2. — с. 78–81.

2. Грибановский А.П., Бидлингмайер Р.В. Комплекс противоэрозионных машин (теория, проектирование). — Алма-Ата: Кайнар, 1990. — 256 с.
3. Ковалев Н.Г., Хайлис Г.А., Ковалев М.М. Сельскохозяйственные материалы (виды, состав, свойства). — М.: ИК «Родник», журнал «Аграрная наука», 1998. — 208 с., ил. 113. — (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).

Плазменно-электролитное формование наноструктурированной связки алмазно-абразивных инструментов

Гордеева Анна Владимировна, студент

Казанский национальный исследовательский технический университет

Абразивные и алмазные инструменты широко применяются в машиностроении и приборостроении. Их используют для шлифования, притирки, полирования деталей, а также заточки и доводки режущих и других инструментов с целью достижения высокой производительности, точности и низкой шероховатости обработки. Несмотря на широкое распространение, они имеют ряд существенных недостатков. Основным недостатком является короткий срок службы и выпадение искусственных алмазных зерен. Для устранения данного недостатка металлическая связка должна наноситься методом плазменно-электролитного формования. Это позволяет увеличить срок службы в два раза, улучшить прочностные характеристики, повысить износостойкость. При всем этом себестоимость инструмента практически не увеличивается.

Существует огромное количество разных видов алмазно-абразивных инструментов. Для изготовления алмазных инструментов повышенной износостойкости используют металлическую связку. Недостатком изготовленного инструмента является сравнительная дороговизна отдельных компонентов, например кобальта, высокие температуры спекания преимущественно с применением вакуума, а также сравнительно быстрое засаливание и потеря режущей способности, — особенно в отсутствие интенсивного охлаждения. А так же недостатком современной металлической связки являются недостаточная твердость и относительно невысокая стойкость при механической обработке керамических материалов с высоким содержанием твердых включений (кварц, агат и др.). Связка скрепляет между собой абразивные зерна — алмазы. Довольно распространены инструменты с искусственными (синтетическими) алмазами. Серьезный недостаток покрытий из синтетических алмазных зерен — отсутствие самозатачивающего. Октаэдральная кристаллическая решетка синтетического алмаза не позволяет образовываться микросколам, и поэтому алмаз со временем вырывается из металла полностью. Это происходит из-за низкого качества современной металлической связки. Решением данной проблемы является

наноструктурированная связка, которая наносится плазменно-электролитным формованием. Данное покрытие многофункциональное твердое, коррозионно-, термо-, износостойкое, а также защитно-декоративное. Оно позволит алмазу намного дольше не вырываться из металла, обеспечит равномерное покрытие, увеличит срок службы инструмента, улучшит прочностные характеристики, повысит твердость и стойкость.

Абразивный инструмент представляет собой инструмент, который изготовлен из абразивных материалов. Этот тип инструментов выпускают в виде брусков, лент, абразивных кругов и др.

В настоящее время абразивные инструменты являются наиболее эффективными при обработке материалов синтетического (пластики), металлического и минерального происхождения (гранит, мрамор, камень и т.п.). Бесспорным достоинством абразивных инструментов является высокое качество и скорость обработки материалов, а также экологическая чистота и безопасность осуществляемых работ. Данные качества объясняют широкое распространение всевозможных абразивных инструментов среди профессиональных пользователей инструмента, а также среди любителей.

Абразивные инструменты находят свое применение практически в любой сфере промышленности: в машиностроительной, металлообрабатывающей, пищевой, целлюлозно-бумажной и т.д. Абразивные инструменты широко используются как в ручных шлифовальных машинах, так и на станках.

Для укрепления алмазных зерен используют различные методы. Мы используем метод плазменно-электролитного формования. Плазменно-электролитное **формование** — это этап технологического процесса, при котором происходит формирование связующего материала. В этот период создается конечная структура материала, формируются его свойства, и фиксируется форма изделия.

Разработка и совершенствование технологических процессов, обеспечивающих сокращение расхода металлов и позволяющих повысить качество выпускаемых изделий, является весьма актуальной задачей. Одним из

таких процессов является электрохимическое формирование, заключающееся в получении деталей путем электроосаждения металла на форму в гальванической ванне. Уже сейчас получают широкое использование композиционные материалы, совмещающие положительные свойства металлов и неметаллов, а также оксидов, карбидов, нитридов и др. В современной гальванотехнике одним из актуальных направлений является создание композиционных электрохимических покрытий (КЭП), которые получают путем соосаждения вместе с металлами из электролитов-суспензий дисперсных частиц различных видов и размеров. Включаясь в структуру металлов, частицы существенно улучшают их эксплуатационные свойства (твердость, износостойкость, коррозионную устойчивость) и придают им новые качества (антифрикционные, магнитные, каталитические). В связи с этим, КЭП находят широкое применение в различных отраслях промышленности, а разработка новых видов композиционных покрытий с различными свойствами и получение новых композиционных материалов, исследование кинетических закономерностей их электроосаждения и свойств осадков, а также изучение структурных превращений в концентрированных растворах электролитов является актуальной научной задачей. Алмазно-абразивные инструменты, несмотря на высокую популярность, имеют ряд недостатков. Главными недостатками абразивных инструментов, является сравнительная дороговизна отдельных компонентов, например кобальта, высокие температуры спекания преимущественно с применением вакуума, а также сравнительно быстрое засаливание и потеря режущей способности, — особенно в отсутствие интенсивного охлаждения. А так же недостатком является недостаточная твердость и относительно невысокая стойкость при механической обработке керамических материалов с высоким содержанием твердых включений (кварц, агат и др.), и при этом происходит полное выпадение алмаза из связки.

Для решения данных проблем коллективами кафедр ТФиЭ КФУ и ТОЛПиМ КНИТУ был разработан метод электрохимической формации с применением никелевых наночастиц. Для осуществления данного метода на первоначальном этапе нам необходимо получить коллоидные нано частицы. Есть много известных маршрутов и стратегий подготовки наноразмерных частиц, включая применение принципа микроэмульсии, подход золь-гель технологии, химические сокращение соли, электрохимические методы, аэрозольный метод, метод фото и термического разложения, микроволнового излучения или газовых микропотоков. Список можно продолжать долго, и бесконечно, где применяют данные принципы, включающие в себя химические или физические явления, низких или высоких энергий, во влажных или сухих средах. Использование электрических разрядов в электролитических

средах синтеза наноматериалов позволило получить образование металлических нано-сфер несколько переходных металлов, например, Ni, Ti, Ag и Au. Мы будем использовать Ni, так как он имеет невысокую себестоимость. Газо-разрядным способом получаем коллоидные наночастицы. Добавляем в электролит алмазные зерна и наносим на инструмент плазменно-электролитным формованием. Данный способ решает множество проблем современных абразивных инструментов. Это покрытие многофункциональное твердое, коррозионно-, термо-, износостойкое, а также защитно-декоративное. Связка из этого материала позволит алмазу намного дольше не вырываться из металла, обеспечит равномерное покрытие, увеличит срок службы инструмента, улучшит прочностные характеристики, повышает твердость и стойкость.

В результате НИР получены экспериментальные образцы, которые были исследованы и подвергались различными физическими воздействиями. Срок службы стоматологического алмазного бора (с искусственными алмазами) был увеличен до двух раз.

На данный момент времени не существует аналогов данной связки для алмазно-абразивных инструментов. Применение данной технологии позволит повысить конкурентную способность алмазно-абразивных инструментов на рынке, как в России, так и в других странах. Рынок абразивно-алмазных инструментов очень обширен. Среди покупателей крупные, средние и малые производственные предприятия, строительные и обслуживающие компании, авторемонтные предприятия, торговые компании. Так же потребность в таких видах инструментов растет, так как, век водостойких абразивных материалов даже на российском рынке подходит к концу. Это сегодня уже не вызывает сомнений у профессионалов. Республика Татарстан не является исключением. У нас так же развиваются и модернизируются различные отрасли, где данные инструменты не заменимы, к примеру, стоматология.

В процессе реализации могут возникнуть распространенные риски, такие как технологический риск и риск с интеллектуальной собственностью. Технологический риск имеет низкую вероятность, так как полученные нами образцы прошли первичную проверку, и показали очень хороший результат. Образцы приобрели нужные нам характеристики. Риск с интеллектуальной собственностью исключен, так как подано заявление на патент. Итак, это ноу-хау относится к гальванотехнике, в частности к электрохимическому осаждению никелевых нанопокровов. Его можно применять в машиностроении (круги, бруски, головки шлифовальные, карандаши, звездочки, шарошки, шкурка шлифовальная, паста), в медицинском оборудовании (алмазные стоматологические боры) и промышленности. Оно имеет хорошие характеристики, легко наноситься и является экономически выгодным.

Литература:

1. Nano Technologies, William Andrew, 2009.

2. J. Belloni, H. Remita, Radiation Chemistry: From Basics to Applications in Material and Life Sciences, EDP Sciences, 2008 (chapter 7)
3. V.K. Jain, S.K. Chak, Machining Science and Technology 4 (2000) 277
4. Хрущев М.М. Бабищев М.А. Абразивное изнашивание. — М., 1970.

Выбор типа модели линейной регрессии для определения кадастровой стоимости садоводческих некоммерческих объединений Ленинградской области

Демидова Полина Михайловна, аспирант

Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» (г. Санкт-Петербург)

Основой государственной кадастровой оценки земель садоводческих, огороднических и дачных объединений является установление уравнения связи между рыночной стоимостью земельных участков и факторами кластеризации, а также проверка достаточности связи в уравнении.

Таким образом, в результате кадастровой оценки, строится модель и определяется некоторая функция стоимости от параметров земельного участка, приближенно описывающая рыночную ситуацию. В этом, собственно и выражается суть массовой оценки недвижимости.

Кадастровая стоимость садоводств Ленинградской области является сложной составляющей, которая находится под влиянием большого числа трудно учитываемых факторов, поэтому математическое моделирование не может дать исчерпывающую характеристику кадастровой стоимости. Следовательно, любая математическая модель является приближенным отражением реальной кадастровой стоимости на данной территории и для данной территории можно построить несколько математических моделей различной степени сложности [5].

Рассмотрим построение аддитивной и мультипликативной моделей определения кадастровой стоимости на примере садоводств Ленинградской области.

Среди трех методов рыночной оценки недвижимости — затратного, доходного и метода сравнения продаж — для массовой оценки достаточно ориентироваться только на последний из них. Имеется достаточно много рыночной информации о ценах предложений на земельные участки. Поэтому нет необходимости ориентироваться на косвенные методы определения их рыночной стоимости (затратный и доходный), которые в условиях несбалансированного рынка могут давать неадекватные представления о стоимости земельных участков.

Методика массовой оценки, базирующаяся на методе сравнения продаж и определяющая рыночную стоимость земельного участка в зависимости от его параметров, может создаваться разными путями. Один из таких подходов, который используется в настоящее время, базируется на использовании статистического анализа. Основным и традиционным статистическим методом, имеющимся в распоряжении оценщика, для калибровки моделей сравнения продаж является множественный регрессионный анализ. Множественный регрессионный анализ — это статистический способ определения неизвестных данных на основе известной и доступной информации. В массовой оценке неизвестными данными являются значения рыночной стоимости. К известным данным относятся цены предложений и характеристики объектов недвижимости. Современные статистические пакеты позволяют строить модели как линейной, так и нелинейной регрессии. В качестве уравнений регрессии, например, при спецификации парных моделей привлекаются следующие функции: линейная, степенная, показательная, гиперболическая, полиномиальная. Уравнения регрессии в нелинейных моделях могут быть нелинейными как по переменным, так и по параметрам. При оценке эконометрических моделей с нелинейными уравнениями регрессии возникают некоторые сложности, которые отсутствуют при оценке эконометрических моделей с линейными уравнениями [1]. Методы построения линейных моделей существенно проще и надежнее. Они предъявляют менее жесткие требования к количеству исходной информации и лучше приспособлены для учета возможных зависимостей между параметрами [2]. При обработке собранных данных в Ленинградской области использовалась линейная модель определения расчетной рыночной стоимости земель садоводств [3]. Поэтому будем ориентироваться на построение модели линейной регрессии.

Основным видом модели, к которой применяется множественный регрессионный анализ, является аддитивная модель. Общая структура аддитивной модели выглядит следующим образом:

$$y = a_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_p \cdot x_p, \quad (1)$$

где y — зависимая переменная;

x_1, x_2, \dots, x_p — независимые переменные;

b_1, b_2, \dots, b_p — коэффициенты (веса) приписываемые в процессе работы алгоритма независимым переменным;
 b_0 — константа.

Изучим влияние факторов, определяющих цену земельных участков в садоводческих некоммерческих объединениях, в аддитивной модели, и проверим ошибку полученного уравнения в «точках съема информации».

Множественный регрессионный анализ также предполагает, что зависимые переменные не коррелируют между собой. Ситуация, когда это условие нарушается — мультиколлинеарность — довольно частое явление в массовой оценке. Простой процедурой уменьшения мультиколлинеарности является исключение избыточных переменных [2].

Построим уравнение множественной регрессии, характеризующее зависимость цены от всех факторов в линейной форме методом включения, оценим адекватность полученной модели.

Построение модели методом включения — это пошаговый отбор переменных. В результате получаем отчет регрессии по 9-ти переменным (табл. 1).

Таблица 1. Фрагмент отчета регрессии по 9-ти переменным

	Коэффициенты	P-Значение
Y-пересечение	277,67	4,82957E-06
x1	-0,42	2,51936E-06
x6	-9,40	7,77317E-05
x2	-1,22	8,05503E-08
x13	1,37	4,59892E-14
x5	1,66	0,006825924
x11	27,56	2,78318E-09
x3	-5,59	1,21199E-05
x8	-2,90	0,00070423
x10	9,23	0,010222251

В результате получаем расчетное уравнение:

$$y = 277.67 - 0.42 \cdot x_1 - 1.22 \cdot x_2 - 5.59 \cdot x_3 + 1.66 \cdot x_5 - 9.39 \cdot x_6 - 2.90 \cdot x_8 + 9.23 \cdot x_{10} + 27.56 \cdot x_{11} + 1.37 \cdot x_{13}, \quad (2)$$

которое адекватно описывает зависимость стоимости земельного участка от влияющих на него факторов, и может быть использовано для анализа и прогноза. Все коэффициенты при неизвестных в нем значимы и R^2 — коэффициент детерминации равен 0.88.

Итак,

- увеличение расстояния до Санкт-Петербурга на 1 км приводит к снижению стоимости сотки земельного участка на 420 рублей;
- увеличение расстояния до районного центра на 1 км приводит к снижению стоимости сотки земельного участка на 1220 рублей;
- увеличение расстояния до ближайшего населенного пункта на 1 км приводит к снижению стоимости сотки земельного участка на 5590 рублей;
- увеличение число рейсов в день на 1 единицу приводит к увеличению стоимости сотки земельного участка на 1660 рублей;
- увеличение расстояния до водоема на 1 км приводит к снижению стоимости сотки земельного участка на 9390 рублей;
- увеличение уровня преступности приводит к снижению стоимости сотки земельного участка на 2900 рублей;
- расположение земельного участка на территории с почвой дерново-карбонатного типа приводит к увеличению стоимости сотки земельного участка на 9230 рублей;
- расположение земельного участка на территории с почвой дерново-подзолистого типа почв приводит к увеличению стоимости сотки земельного участка на 27560 рублей;
- увеличение расстояния до источника загрязнения химическими веществами на 1 км приводит к увеличению стоимости сотки земельного участка на 1370 рублей.

Определим ошибку полученного уравнения в «точках съема информации», т.е. вычислим среднюю ошибку аппроксимации.

Средняя ошибка аппроксимации для данного уравнения равна 12,5%. О хорошем качестве полученной модели можно говорить при ошибке аппроксимации от 10–12%. В нашем случае в отдельных «точках съема информации» фактическое значение результативного признака отличается от теоретического, рассчитанного по уравнению регрессии

до 35%. Что является не допустимым для проведения качественной кадастровой оценки садоводческих некоммерческих объединений.

Так полученная аддитивная модель при своих достоинствах имеет и ряд недостатков. Так, характерной особенностью данной модели является также возможность получения в какой-то точке исследования отрицательного результата, т.е. при отдельных значениях ценообразующих факторов (например, удаленность от Санкт-Петербурга) цена за 1 сотку, теоретически, может иметь отрицательное значение.

Как видно из сказанного выше, использование аддитивной модели связано с целым рядом ограничивающих условий. А мультипликативная модель частично свободна от них.

Мультипликативная модель имеет следующий вид:

$$y = b_0 \cdot x_1^{b_1} \cdot x_2^{b_2} \cdot \dots \cdot x_n^{b_n} \quad (3)$$

Изучим влияние факторов, определяющих цену земельных участков в садоводческих некоммерческих объединениях, в мультипликативной модели, и проверим ошибку полученного уравнения в «точках съема информации». В результате получаем отчет регрессии по 6-ти переменным (табл.2).

Таблица 2. Фрагмент отчета регрессии по 6-ти переменным

	Коэффициенты	P-значение
Y-пересечение	4,67	2,03E-26
x_1	-0,38	3,85E-07
x_2	-0,14	0,016256
x_3	-0,09	0,000734
x_{10}	1,49	1,4E-19
x_{11}	1,49	1,33E-17
x_{12}	1,56	3,88E-18

В результате получаем расчетное уравнение:

$$y = 106.58 \cdot x_1^{-0.38} \cdot x_2^{-0.14} \cdot x_3^{-0.09} \cdot x_{10}^{1.49} \cdot x_{11}^{1.49} \cdot x_{12}^{1.56}, \quad (4)$$

которое адекватно описывает зависимость стоимости земельного участка от влияющих на него факторов, и может быть использовано для анализа и прогноза. Все коэффициенты при неизвестных в нем значимы и R^2 — коэффициент детерминации равен 0.81.

Итак,

- увеличение расстояния до Санкт-Петербурга на 1 км приводит к снижению стоимости сотки земельного участка на 380 рублей;
- увеличение расстояния до районного центра на 1 км приводит к снижению стоимости сотки земельного участка на 140 рублей;
- увеличение расстояния до ближайшего населенного пункта на 1 км приводит к снижению стоимости сотки земельного участка на 90 рублей;
- расположение земельного участка на территории с почвой дерново-карбонатного типа приводит увеличению стоимости сотки земельного участка на 1490 рублей;
- расположение земельного участка на территории с почвой дерново-подзолистого типа приводит увеличению стоимости сотки земельного участка на 1490 рублей;
- расположение земельного участка на территории с почвой дерново-карбонатного типа приводит увеличению стоимости сотки земельного участка на 1560 рублей.

Определим ошибку полученного уравнения в «точках съема информации», т.е. вычислим среднюю ошибку аппроксимации. Средняя ошибка аппроксимации для данного уравнения равна 12,5%. О хорошем качестве полученной модели можно говорить при ошибке аппроксимации от 10–12%. В нашем случае в отдельных «точках съема информации» фактическое значение результативного признака отличается от теоретического, рассчитанного по уравнению регрессии до 35%. Что является не допустимым для проведения качественной кадастровой оценки садоводческих некоммерческих объединений.

В результате построения различных моделей определения кадастровой стоимости земель садоводств Ленинградской области были получены различные уравнения зависимости стоимости от факторов. В результате проверки невозможно определить, какая модель наиболее точно описывает систему. Чаще всего оценивается степень совпадения или сходства фактических данных с теоретическими, вычисленными в ходе решения математической модели. Средняя ошибка аппроксимации для двух уравнений равна 12,5%.

Представленные математические модели отражают зависимость стоимости недвижимости от основных характеристик. Для практической реализации массовой оценки необходимо проведение научных исследований и экспериментальных расчетов.

Таким образом, моделирование объектов оценочной деятельности является актуальным и перспективным направлением проведения исследований. Переход от плановой экономики к рыночной и развитие системы налогообложения требует дальнейшего интенсивного развития моделей и методов оценки, повышения достоверности результатов и проведения оценки объектов на территории Российской Федерации.

Литература:

1. Бабешко Л.О. Основы эконометрического моделирования: учебное пособие, изд.4-е. — М.: КомКнига, 2010. — 432 с.
2. Новиков Б.Д. Рынок и оценка недвижимости в России. — М.: «Экзамен», 2000. — 512 с.
3. Отчет о работе контрольно-счетной палаты Ленинградской области за 2006 год.
4. Попова Л.В. Математические методы в оценке: учебное пособие. — М.: Дело и Сервис. — 2011. — 112 с.
5. Поротов Г.С. Математические методы моделирования в геологии: Учебник / Г.С.Поротов. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 200. 223 с.

Восстановление полиамидных сепараторов подшипников буксового узла подвижного состава ОАО РЖД

Думчев Илья Сергеевич, студент;

Ларченко Анастасия Геннадьевна, аспирант;

Попов Сергей Иванович, аспирант;

Филиппенко Николай Григорьевич, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Лившиц Александр Валерьевич, кандидат технических наук, доцент

Иркутский государственный университет путей сообщения

В статье рассматривается актуальность восстановления полиамидных сепараторов подшипников буксового узла подвижного состава «ОАО РЖД» используя технологические процессы обработки токами высокой частоты.

Ключевые слова: Полиамид, сепаратор, подшипник, буксовый узел, ВЧ-обработка, токи высокой частоты

Буксовые узлы обеспечивают передачу нагрузки от кузова вагона на шейки осей и ограничивают продольные и поперечные перемещения колесной пары относительно тележки. Вместе с колёсными парами они являются наиболее значимыми элементами ходовых частей вагона. Статистика повреждений ОАО РЖД показывает, что 94,2% поломок происходит вследствие повреждения буксового узла [1]. В свою очередь, анализ конструкции подшипникового узла вагонов показывает, что наибольшее количество изломов, приводящих впоследствии к выходу из строя буксового узла, приходится на ответственную часть буксового узла — сепаратор.

Последние десятилетия отмечены значительными изменениями конструкции сепараторов. Так, например, в транспорте машиностроения на смену латунным сепараторам пришли полимерные, изготовленные из композитных армированных стекловолокном полиамидов марки Армамид ПА СВ 30—1ЭТМ и др. Коррозионная стойкость, высокая удельная прочность, антимагнитные свойства и технологичность позволяют использовать их

взамен цветных металлов, нержавеющей стали и других конструкционных материалов. Полиамидные сепараторы по ряду параметров превосходят латунные, в частности по коэффициенту трения.

Конструкция сепаратора из полиамида позволила изменить его устройство (по сравнению с сепараторами из медных сплавов) увеличив тела качения в подшипнике с 14 до 15, что значительно снизило нагрузку на подшипниковый узел.

Способность полиамидных сепараторов гасить вибрацию подшипника делает их незаменимыми при знакопеременных механических и температурных нагрузках.

Но, наряду с достоинствами полиамидов, существуют и ряд недостатков, одним из которых является их гигроскопичность, что сказывается на их конструкционных и эксплуатационных свойствах.

Для диагностики полиамидных сепараторов, применяются приборы неразрушающего контроля, которыми являются КС-221А (рис. 1). В процессе диагностики на внутреннюю сторону перемишек сепаратора прикладывают



Рис. 1. Прибор неразрушающего контроля КС-221А

распирающие усилия и производятся измерения и сравнения с допуском внутреннего диаметра сепаратора.

Предельно допустимая погрешность данного прибора равна 10%. Контроль сепараторов с помощью прибора сводится к выявлению годных, негодных и подлежащих вторичному контролю сепараторов. Разделение сепараторов на три группы осуществляется посредством автоматического допускового контроля жесткости всех окон. Жесткость окон измеряется в нагруженном состоянии.

Существует ограничение при диагностировании и дефектоскопии полиамидных сепараторов что определено

телеграммой № 2306 представленной на рис. 2.

Поэтому, определение пригодности сепараторов устанавливается, на сегодняшний день, по субъективным (визуальный контроль) параметрам операторов участка ремонта подшипников ВЧД.

Сейчас, как никогда, стал очень актуальным вопрос о восстановлении полиамидных сепараторов, так как на сегодняшний день полиамидные сепараторы ремонту не подвергаются, а просто заменяются на новые. Согласно статистических данных [1] и анализа графика износа сопрягаемых изделий (рис. 3) замена в процессе эксплуа-

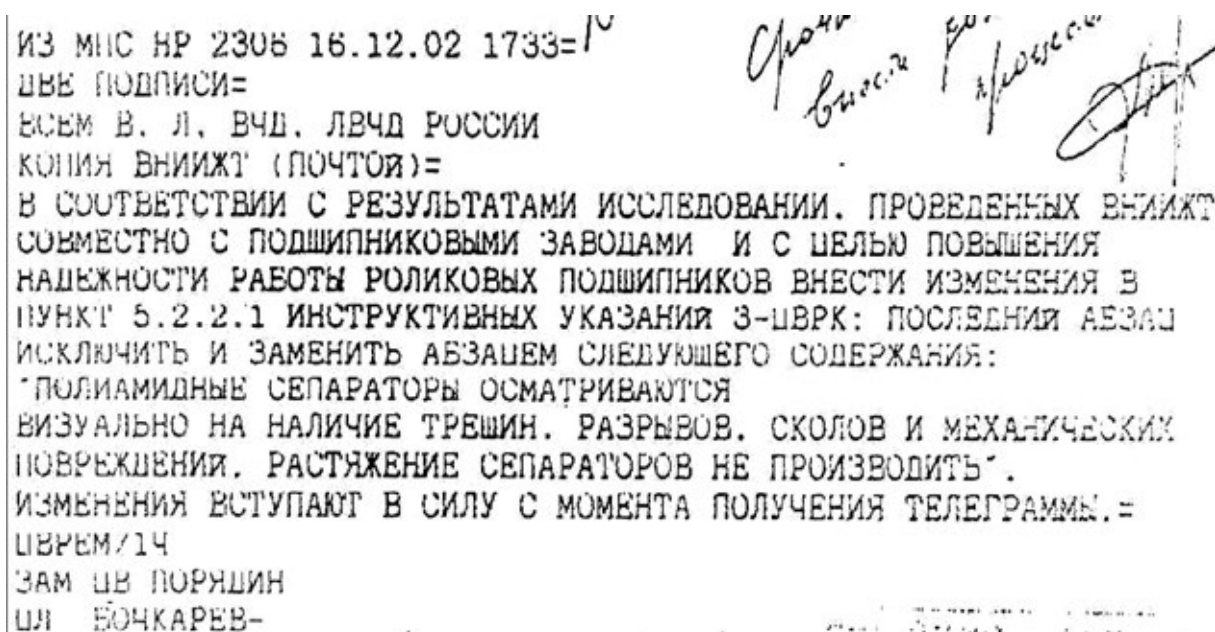


Рис. 2. Ограничение при дефектоскопии полиамидных сепараторов

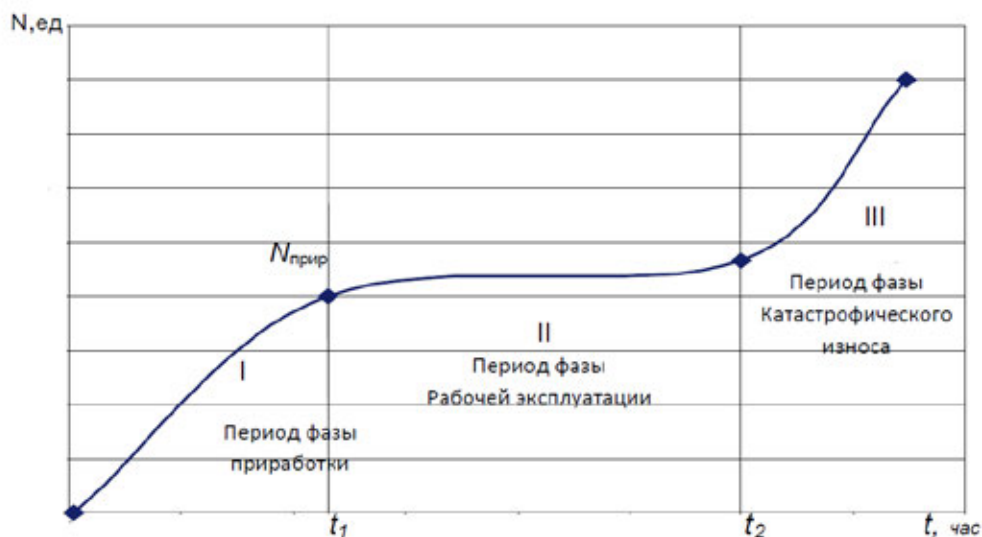


Рис. 3. Процесс приработки полиамидного сепаратора, где N – количество отказов; t – время эксплуатации.

тации приработанных деталей на новые стала причиной 17% поломок подвижного состава «ОАО РЖД» [1], что еще раз доказывает необходимость восстановления сепараторов буксовых узлов подвижного состава ОАО РЖД.

Тем не менее, несмотря на столь внушительную практическую значимость, технологических процессов восстановления полимерных материалов и изделий из них до сих пор не создано. Такое состояние вопроса можно объяснить рядом причин. Малоизучен процесс обработки расширяющегося многообразия полимерных матери-

алов, отсутствует единая теория управления, техническая сложность организации контроля параметров технологического процесса.

Все это сдерживает выпуск новых и использование в полном объеме уже имеющихся изделий из полиамидных композитных материалов. В связи с этим была определена цель исследования – разработать теоретические положения и практические рекомендации по организации технологического процесса восстановления полиамидных сепараторов.



Рис. 4. Преимущества ВЧ электротермии

В настоящее время к наиболее прогрессивным способам обработки, применимым для решения поставленной задачи, следует отнести ресурсо- и энергосберегающие технологии обработки полимерных материалов токами высокой частоты.

В отличие от традиционных способов обработки с внешним подводом тепла, электротермия обладает целым рядом преимуществ, представленных на рис. 4

Решение поставленной задачи осуществляется достаточно успешно на основе разработанных методик [3], которые используют высокоэнергетические воздействия высокочастотных (ВЧ) излучений с использованием промышленно-лабораторной установки модели УЗП 2500. В ряде проведенных исследований [4, 5] установлено, что ВЧ воздействие является эффективным способом обработки, позволяющим, за счет особенностей ВЧ-нагрева,

значительно сократить потребление энергетических ресурсов. Достигается это отсутствием нагревательных элементов и безинерционностью (мгновенное отключение процесса разогрева) ВЧ-устройств.

Вышеизложенное, в совокупности с информацией о том, что в процессе переработки при температуре до 270°C стеклонеполненный полиамид не разлагается [2] т.е. в материале не происходят деструктивные изменения, не выделяются вредные вещества, оказывающие негативное влияние на организм человека, позволяет сделать вывод о том, что технологический процесс восстановления полиамидных сепараторов полем высокой частоты, энергоэффективен и весьма актуален. Использование данного техпроцесса позволит сократить до 17% аварийных остатков, связанных с выходом из строя буксовых узлов подвижного состава «ОАО РЖД».

Литература:

1. Сапёров А.В. Как повысить надежность буксового узла? технолог Центральной дирекции по ремонту грузовых вагонов — филиала ОАО «РЖД» СЦБИСТ, <http://scbist.com/zhurnal-lokomotiv/9350-kak-povyisitnadezhnost-buksovogouzla.html>
2. Государственный стандарт союза ССР, Полиамиды стеклонеполненные, Технические условия, ГОСТ 17648—83, Издание официальное — Москва: ИПК Издательство стандартов, 1983. — 19 с.
3. Восстановление подшипников буксовых узлов подвижного состава / Попов С.И., Лившиц А.В., Филиппенко Н.Г. // 2012—7 с.
4. Филиппенко Н.Г., Каргапольцев С.К., Лившиц А.В. Повышение эффективности высокочастотной обработки полимерных материалов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2011. — Вып. 4 (32). С. 50—55.
5. Трофимов Н.В. Математическая модель оптимального режима высокочастотной сварки пластмасс // Материалы XXII Международ. науч. конф. «Математические методы в технике и технологиях (ММТТ—21)». — Псков: Псковский гос. политехн. ин-т, 2009. — Т.10. — Секция 11. — с. 71—73.

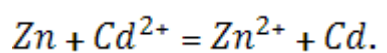
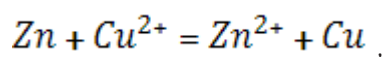
Разработка и исследование математической модели процесса цементационной очистки цинковых растворов

Дюнова Диана Николаевна, кандидат технических наук, доцент
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ, г. Владикавказ)

Одним из основных переделов цинкового производства является цементационная очистка цинковых растворов. Использование очищенных растворов обуславливает увеличение производительности оборудования, снижение расхода электроэнергии при последующем электролизе цинка, и, в конечном итоге, уменьшение себестоимости его производства.

В процессе производства цинка гидрометаллургическим способом цементационная очистка цинковых растворов осуществляется в две стадии в непрерывном режиме. В качестве основного реагента применяется тонкодисперсная цинковая пыль.

Процесс цементации основан на электрохимическом замещении в растворе одних металлов другими. С его помощью производят очистку растворов от ряда металлов, в том числе меди и кадмия [1, с. 149]:



Анализ процесса цементации как объекта управления позволил выделить его основные параметры. Входными параметрами процесса являются расход верхнего слива нейтральных сульфидов (ВНС) и цинковая пыль.

Выходными — расход нейтрального раствора и расход медно-кадмиевого кека. Возмущающее воздействие на ход цементационной очистки оказывает химический состав ВСНС.

В ходе цементационной очистки определяются химические составы входных и выходных материальных потоков, содержание меди и кадмия в нейтральном растворе после каждой стадии очистки, химический состав медно-кадмиевого кека.

С целью исследования процесса цементационной очистки и изучения его характеристик интерес представляет получение математической модели, позволяющей определять количество получаемых продуктов рассматриваемого производственного передела на основе информации о количестве поступающих на переработку материальных потоков и их химических составах.

Математическую модель цементационной очистки представим в виде совокупности балансовых соотношений по твердой и жидкой фазам, а также по компонентам, образующим «медно-кадмиевый» кек.

Баланс по твердой фазе определяется соотношением:

$$F_K = \frac{\left(F_{\Pi} - 0,001 Q_{\text{ВСНС}} \left(\frac{65,4}{64} C_{\text{Cu}}^{\text{ВСНС}} + \frac{65,4}{112,4} C_{\text{Cd}}^{\text{ВСНС}} \right) \right)}{C_{\text{Zn}}^K}, \quad (1)$$

где F_K — количество «медно-кадмиевого» кека, F_{Π} — количество цинковой пыли, $Q_{\text{ВСНС}}$ — расход ВСНС, м³/ч; $C_{\text{Cu}}^{\text{ВСНС}}$ — содержание меди в ВСНС, г/л; $C_{\text{Cd}}^{\text{ВСНС}}$ — содержание кадмия в ВСНС, г/л; C_{Zn}^K — содержание цинка в кеке, %;

Количество цинковой пыли определяется зависимостью:

$$F_n = Q_{\text{ВСНС}} C_{\text{Zn}}^{\text{ВСНС}} \alpha_1 \quad (2)$$

α_1 — расход цинка в цинковой пыли на 1 т цинка в растворе, кг/т; $C_{\text{Zn}}^{\text{ВСНС}}$ — содержание цинка в ВСНС, %.

Баланс по жидкой фазе:

$$Q_{\text{НР}} \rho_{\text{НР}} = F_{\Pi} + Q_{\text{ВСНС}} \rho_{\text{ВСНС}} - F_K \quad (3)$$

где $Q_{\text{НР}}$ — количество нейтрального раствора, м³/ч; $\rho_{\text{НР}}$ — плотность нейтрального раствора, т/м³; $\rho_{\text{ВСНС}}$ — плотность ВСНС, т/м³.

Балансовые соотношения по компонентам имеют вид:

$$F_K C_{\text{Cd}}^K = 0,001 Q_{\text{ВСНС}} C_{\text{Cd}}^{\text{ВСНС}}, \quad (4)$$

$$F_K C_{\text{Cu}}^K = 0,001 Q_{\text{ВСНС}} C_{\text{Cu}}^{\text{ВСНС}}, \quad (5)$$

$$Q_{\text{НР}} C_{\text{Zn}}^{\text{НР}} = Q_{\text{ВСНС}} \left(C_{\text{Zn}}^{\text{ВСНС}} + C_{\text{Cu}}^{\text{ВСНС}} \frac{65,4}{64} + C_{\text{Cd}}^{\text{ВСНС}} \frac{65,4}{112,4} \right) \quad (6)$$

где C_{Cu}^K , C_{Cd}^K — содержание меди и кадмия в медно-кадмиевом кеке соответственно, %; $C_{\text{Zn}}^{\text{НР}}$ — содержание цинка в нейтральном растворе, г/л.

Система соотношений (1) — (6), представляющая собой математическую модель процесса цементационной очистки нейтральных цинковых растворов, позволяют перейти к ее топологическому аналогу.

На рис. 1 представлен сигнальный граф объекта, отражающий причинно-следственные связи между переменными (сигналами). Вершины сигнального графа соответствуют переменным модели, а ветви — коэффициентам или передаточным функциям, характеризующим связь между переменными [2, с. 261].

Коэффициентам передач графа соответствуют соотношения:

$$c_0 = C_{\text{Zn}}^{\text{ВСНС}} \alpha_1,$$

$$c_1 = \frac{1}{C_{\text{Zn}}^K},$$

$$c_2 = \frac{-0,001 C_{\text{Cu}}^{\text{ВСНС}} \frac{65,4}{64}}{C_{\text{Zn}}^K},$$

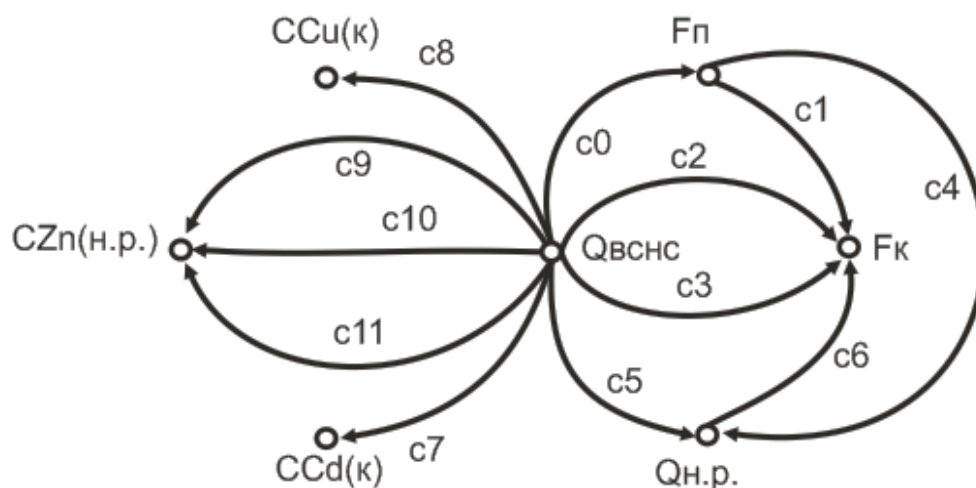


Рис. 1. Сигнальный граф процесса цементационной очистки нейтральных цинковых растворов

$$c_3 = \frac{-0,001C_{Cd}^{BCHC} \frac{65,4}{112,4}}{C_{Zn}^K},$$

$$c_4 = \frac{1}{\rho_{HP}}$$

$$c_5 = \frac{\rho_{BCHC}}{\rho_{HP}},$$

$$c_6 = \frac{1}{\rho_{HP}},$$

$$c_7 = \frac{0,001C_{Cd}^{BCHC}}{F_K},$$

$$c_8 = \frac{0,001C_{Cu}^{BCHC}}{F_K},$$

$$c_9 = \frac{C_{Zn}^{BCHC}}{Q_{HP}},$$

$$c_{10} = \frac{C_{Cu}^{BCHC}}{Q_{HP}},$$

$$c_{11} = \frac{C_{Cd}^{BCHC}}{Q_{HP}}.$$

Топологическая модель объекта была реализована в приложении Simulink вычислительной среды MATLAB (рис. 2). Разработанное математическое описание процесса цементации позволяет прогнозировать количественные значения массовых расходов выходных материальных потоков медно-кадмиевого кека и нейтрального раствора, а также их компонентов на основе измерительной информации о массовых расходах и составах входных потоков.

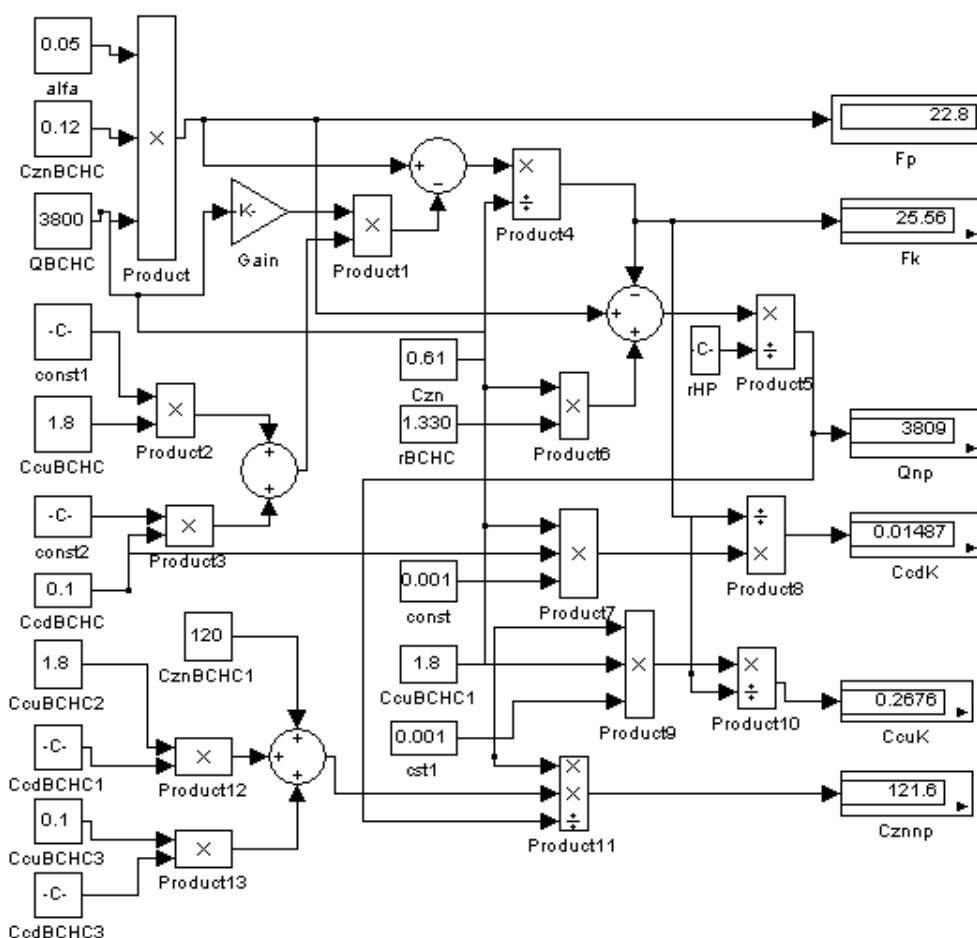


Рис. 2. Simulink-модель процесса цементации

Полученная модель позволяет прогнозировать основные количественные характеристики процесса цементационной обочки, может быть использована при проектировании новых и анализе функционирования действующих гидрометаллургических систем, а также для решения вопросов по установлению расходных норм по сырью, технологическим показателям и определению неучтенных потерь компонентов сырья в условиях промышленной эксплуатации.

Литература:

1. Снурников А.П. Гидрометаллургия цинка. 1986. — 398 с.
2. Кафаров В.В., Перов В.Л., Мешалкин В.П. Принципы математического моделирования химико-технологических систем. 1974. — 343 с.

Метод контроля рафинирования стали в агрегате ковш-печь по параметрам электрического режима

Егиазарьян Денис Константинович, аспирант
Институт металлургии Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург)

На современном этапе развития технологии производства и обработки стали почти весь получаемый готовый продукт производится дулекс-процессом. Первым звеном стоит агрегат, служащий для получения жидкого полупродукта, это дуговая сталеплавильная печь (ДСП) или конвертер. Вторым звеном идёт агрегат ковш-печь (АКП), где полученный на первом этапе жидкий полупродукт доводят необходимых параметров по химическому составу, температуре, неметаллическим включениям и другим показателям. На этой стадии рафинирования металла необходимо контролировать множество параметров, чтобы обеспечить в итоговой продукции необходимый уровень качества, в том числе и по размеру зерна. Но доступ к большей части из этих параметров зачастую очень ограничен, что не позволяет эффективно управлять процессом. Среди этих параметров химический состав шлака и толщина его слоя. На сегодняшний день эти параметры контролируем, но способы их контроля не позволяют оперативно принимать решения по ходу обработки металла. Кроме того, одна из главных проблем при рафинировании металла на АКП — это попадание в ковш печного шлака, что вызывает переокисленность металла перед обработкой. Эта проблема может быть решена путем введения раскислителей на шлак при обработке металла на ковше-печи, но отсутствие данных по количеству и окисленности шлака не дает возможности сделать это рационально.

Современный агрегат ковш-печь — это сложный комплекс, сочетающий в себе разные подсистемы, служащие для обработки металлического полупродукта. Для оперативного контроля всех подсистем разрабатываются новые методы, основанные на измерении различных параметров.

Перспективными для оценки степени экранирования дуги и толщины шлака, являются параметры электрического режима: гармонический состав токов и напряжений, коэффициент несинусоидальности гармоник тока и т.д. Подобный подход основан на тесной взаимосвязи свойств дуги с характеристиками среды, в которой она горит, а потому позволяет соотносить параметры технологии и электрического режима и адекватно оценивать состояние металла и шлака. Поскольку с точки зрения электрического режима ДСП и АКП очень похожи, то этот подход можно успешно применять и для ДСП, и для АКП.

Известны методы [1], основанные на взаимосвязи между степенью экранирования дуги шлаком (теплоизоляции зоны разряда) и амплитудами 7-й и 9-й гармоник фазного напряжения. Рост амплитуд этих гармонических составляющих прямо указывает на ухудшение экранирования дуги шлаком, поскольку 7-я и 9-я гармоники, наиболее чувствительны к изменениям теплового состояния разрядного промежутка [1].

Тем не менее, анализ гармонических составляющих не может быть признан единственным и наиболее эффективным способом оценки степени экранирования дуги шлаком и её влияния на технико-экономические показатели процесса. Вариации амплитуд высших гармоник отражают общие искажения кривых тока и напряжения, которые могут вызываться также и изменениями химического состава шихты, теплового состояния зоны разряда из-за попадания в неё холодных добавочных материалов и т.д. [1–3]. Поэтому нельзя однозначно связывать вариации высших гармоник только со степенью экранирования дуги шлаком — эта связь «зашумлена» многочисленными неконтролируемыми и малоизученными процессами.

Очевидно, существует необходимость в разработке более точного способа контроля экранирования дуги шлаком. Его основой может стать метод анализа динамических вольт-амперных характеристик (ВАХ) токов и напряжений низкой стороны трансформатора, аналогичный используемому для ферросплавных электропечей с целью контроля глубины посадки электродов в шихту, которая шунтирует дуги [4–7].

Схема замещения рабочего пространства ферросплавной печи, осуществляющей плавку шлаковым процессом, представлена на рисунке 1а. Дуга шунтируется сопротивлением шихты, сопротивление короткой сети и расплава, на который горит дуга, «включается» последовательно с параллельной цепью дуга-шихта. На ВАХ контура низкой стороны трансформатора для этого случая (рис. 1б) $\operatorname{tg} \alpha$ равен суммарному сопротивлению короткой сети, расплава и шунта, а $\operatorname{tg} \beta$ — сопротивлению короткой сети и расплава [4–7].

Расчет параметров нагрузки по значениям $\operatorname{tg} \alpha$ и $\operatorname{tg} \beta$, в частности, позволяет определять глубину «посадки» электрода в шихту. В общем случае, чем меньше значение $\operatorname{tg} \alpha$, тем глубже «посадка» электрода [4–7]. Данная зави-

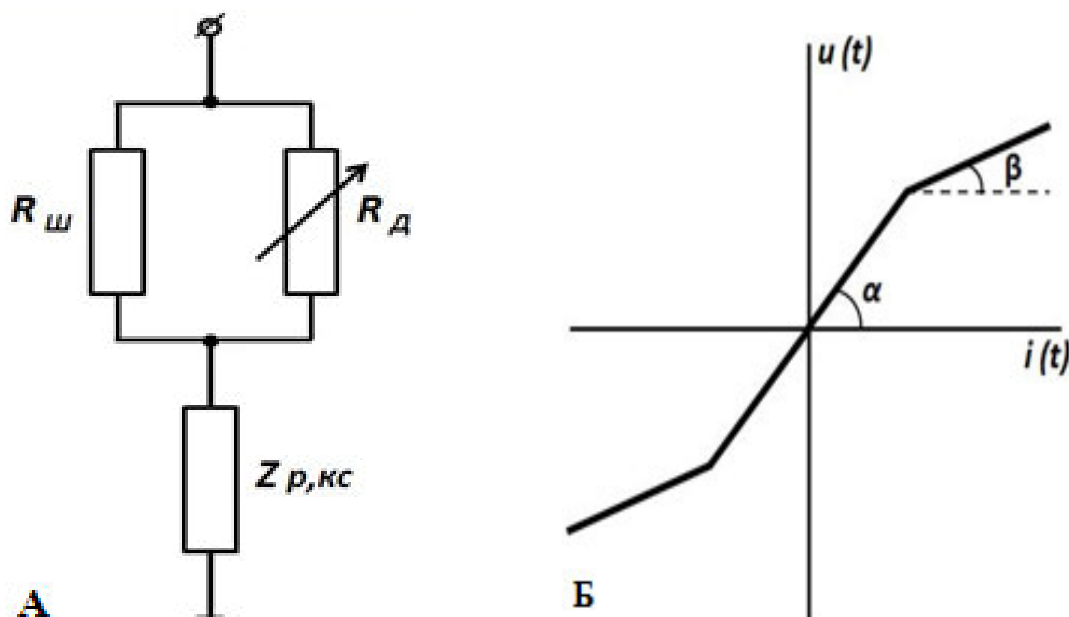


Рис. 1. Схема замещения рабочего пространства АКП, работающих с горящими под шлаком дугами, и ферросплавных печей, осуществляющих шлаковый процесс выплавки ферросплавов (а); идеализированная ВАХ полезной нагрузки (б): $R_{д}$ – сопротивление дуги; $R_{ш}$ – сопротивление, шунтирующее дугу; $Z_{р,кc}$ – полное сопротивление короткой сети и расплава, на который горит дуга

симось используется в разработанных ИМЕТ УрО РАН методах оперативного регулирования технологических режимов выплавки ферросплавов [4–7]. В случае АКП, работающих со специально формируемыми шлаками (шунтированием), схема замещения их рабочего пространства аналогична рис. 1а [4], поэтому вариации $\tan \alpha$ отражают степень заглупления электрода в шлак и являются индикатором степени экранирования дуг.

Было решено, что целесообразно исследовать возможность оценки степени заглупления дуг в слой шлака методом анализа ВАХ. Кроме того, эти исследования были дополнены оценками степени экранирования дуг по амплитудно-частотным характеристикам (АЧХ) фазного напряжения, а также осциллограммам тока и напряжения, которые позволяют выявлять участки пауз тока и пиков зажигания, свидетельствующих о нестабильности теплового состояния зоны разряда. Такой комплексный подход позволит максимально объективно оценить степень заглупления дуг в шлак, а значит оценить и толщину слоя шлака. [8–10].

Поставленная задача обеспечения оперативного контроля может решаться только при использовании комплекса современной цифровой вычислительной техники, включающего аналогово-цифровой преобразователь (АЦП). Применение АЦП и ЭВМ, кроме самой возможности математической обработки данных, позволяет также существенно увеличить объём, повысить точность и качество сбора информации о процессе за счёт возможности измерения мгновенных значений сигналов. В настоящее время, несмотря на широкое распространение

цифровой техники, эта возможность используется далеко не полностью, поскольку во многих случаях контроль и анализ электрических параметров строят на основе измерения действующих (среднеквадратичных) значений тока и напряжения [8].

Контроль действующих значений приносит методические ошибки из-за пренебрежения формой исходного сигнала. Кроме того, операции с действующими значениями токов и напряжений не позволяют определить ряд важнейших параметров и показателей эффективности электрического режима (активных составляющих мощностей, напряжений, сопротивлений и коэффициентов мощности по отдельным фазам) также по причине фактической не-синусоидальности форм кривых тока и напряжения [8].

Методы контроля и оценки состояния процесса по мгновенным значениям сигналов свободны от указанных недостатков. Поэтому результаты расчётов электрических параметров по мгновенным значениям тока и напряжения более объективны. Мгновенные значения несут информацию о физическом состоянии объекта исследования (дуге), позволяя обоснованно связывать параметры технологии и электрического режима, рассматривать и количественно описывать процесс горения дуги в виде ВАХ и осциллограмм.

Поскольку принципиальных различий по электрическому режиму между ДСП и АКП нет, то, с целью получения необходимых данных разработанные методики были опробованы на примере ДСП-135 ОАО «СТЗ» (рис. 2). Съём сигналов тока и напряжения производился с шин короткой сети каждой фазы; сигнал с пояса

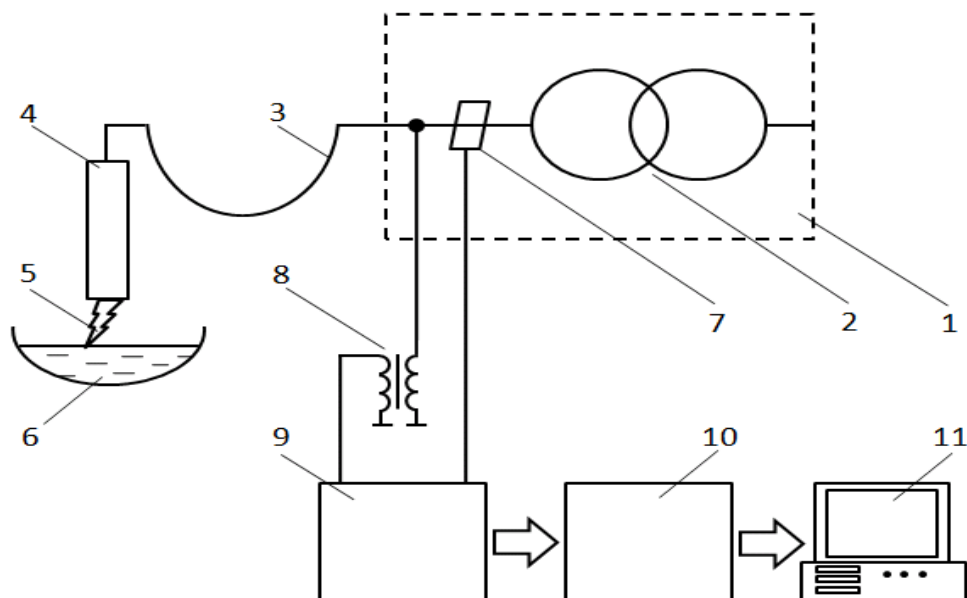


Рис. 2. Схема отбора и преобразования сигналов тока и напряжения фаз, снимаемых с низкой стороны трансформатора (показана одна фаза): 1 – трансформаторное помещение; 2 – трансформатор; 3 – короткая сеть; 4 – электрод; 5 – дуга; 6 – ванна; 7 – пояс Роговского; 8 – трансформатор, понижающий напряжение с 1,25 кВ до 100 В; 9 – блок нормирующих преобразователей; 10 – АЦП; 11 – ЭВМ

Роговского (напряжение $u_{гр}$), пропорциональный производной тока фазы по времени di/dt , подавался на АЦП через блок нормирующих преобразователей, снижающих величину сигнала до безопасного для АЦП уровня $< \pm 10$ В; фазное напряжение $u_{ф}$ через понижающий трансформатор и блок нормирующих преобразователей также подавалось на АЦП. Аналоговые сигналы напряжения и производной тока фаз, поданные на вход АЦП, преобразовывались в цифровые данные. Промежуток времени между соседними точками цифровых данных составлял 0,16 мс, поэтому на один период тока приходилось по 125 точек, отражающих зависимость напряжения и производной тока фаз от времени.

Цифровые реализации исходных аналоговых сигналов поступали с выхода АЦП в память ЭВМ, где с помощью специальной программы, написанной на языке «С++ Builder 6», проходили математическую обработку.

В результате были получены графики и осциллограммы высших гармоник тока и напряжения, по которым можно судить о степени укрытия дуги шлаком, а значит и о толщине его слоя.

С другой стороны, кроме наличия печного шлака перед обработкой металла на АКП важным фактором является высокая окисленность этого шлака. Основой методики контроля окисленности шлака может служить контроль постоянной составляющей напряжения дуги (ПСНД).

Особенностью горения дуги переменного тока является неравнозначность условий пробоя газового промежутка в полупериоды, когда катодом являются попеременно графитированный электрод и металл. Различие

в электроэмиссионной способности графитированного электрода и металла приводит к асимметрии кривых тока и напряжения дуги относительно оси абсцисс (рис. 3). В тот полупериод, когда катодом является металл, для поддержания тока дуги требуется больше напряжения, чем в полупериод, когда катодом является графитированный электрод. Разность этих напряжений обуславливает асимметрию кривых напряжения и появление ПСНД. Её значение может достигать 10–20 % полного действующего напряжения на дугах.

Были проведены лабораторные и промышленные исследования [13] по выявлению факторов, влияющих на ПСНД. Лабораторные опыты позволили получить зависимости ПСНД от концентрации некоторых компонентов шлака (рис. 4). Опыты проводились в молибденовых тиглях при напряжении дуги 33 В, постоянной основности трёхкомпонентного шлака 1,5 и температуре 1600 °С. Содержание третьего компонента шлака по ходу опытов изменялось добавкой чистого компонента к системе $\text{CaO} - \text{SiO}_2$. Влияние основности шлака на ПСНД приведено на рисунке 5.

Поскольку в плане электрического режима АКП и ДСП очень похожи, то в промышленных условиях исследования проводились на ДСП-25. Во время этих исследований было проведено определение связи ПСНД с технологическими параметрами плавки быстрорежущих марок стали во время восстановительного периода. Эксперименты проводились одинаково – запись постоянной составляющей велась со второй фазы 12 ступени трансформатора, напряжение этой ступени 116,5 В. Характер

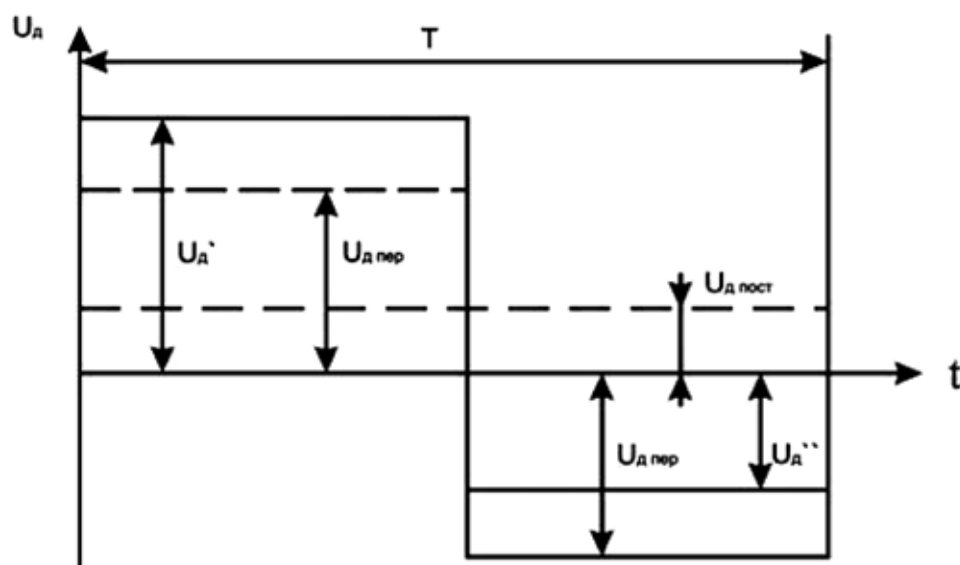


Рис. 3. Кривые напряжения на дуге переменного тока: $U_{д.``}$ и $U_{д.``}$ – напряжения в первый и второй полупериод; $U_{д.пост}$ и $U_{д.пер}$ – постоянная и переменная составляющая напряжения

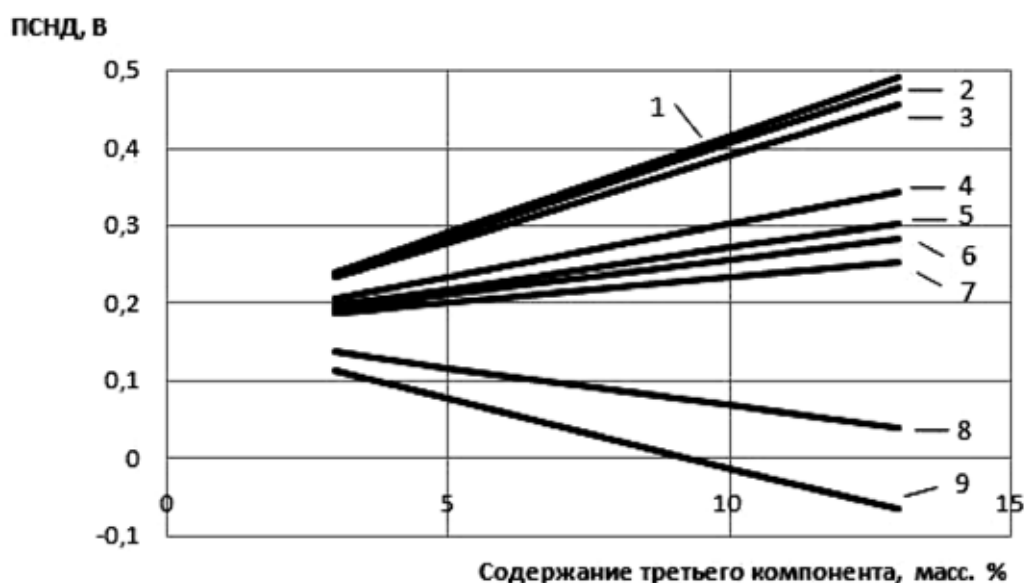


Рис. 4. Зависимость ПСНД от содержания различных компонентов:

1 – WO_3 ;	4 – MgO ;	7 – CaF_2 ;
2 – FeO ;	5 – Cr_2O_3 ;	8 – V_2O_5 ;
3 – MnO ;	6 – TiO_2 ;	9 – Al_2O_3

изменения величины ПСНД подтвердил экспериментальные данные о связи ПСНД с температурой и составом шлака (рис. 4). Как видно из данных, представленных на рисунке 6, увеличение содержания CaO и раскисление шлака приводит к снижению постоянной составляющей. Химический анализ проб шлака этих плавок подтвердил, что определяющее влияние на ПСНД оказывает окисленность шлака (табл. 1).

Проведённые лабораторные и промышленные исследования показали принципиальную возможность контроля

окисленности шлака в режиме реального времени. Кроме того, выявленные достаточно чёткие зависимости ПСНД от содержания в шлаке таких оксидов как V_2O_5 , WO_3 , TiO_2 и др., открывают возможность эффективного управления процессом прямого легирования металла дешёвыми и доступными соединениями V, W, Ti и т.д.

Использование представленных результатов и соответствующего оборудования позволит непрерывно контролировать толщину слоя шлака для обеспечения полного экранирования дуг, а так же отслеживать изменения хи-

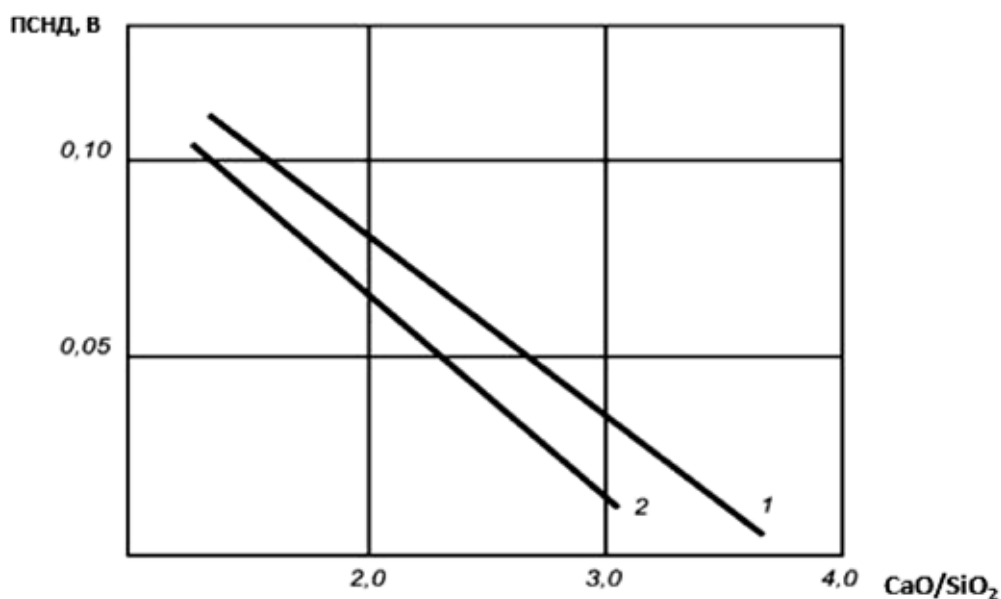


Рис. 5. Зависимость ПСНД от соотношения CaO/SiO₂ по литературным данным (1) и полученная в ходе собственных экспериментов (2)

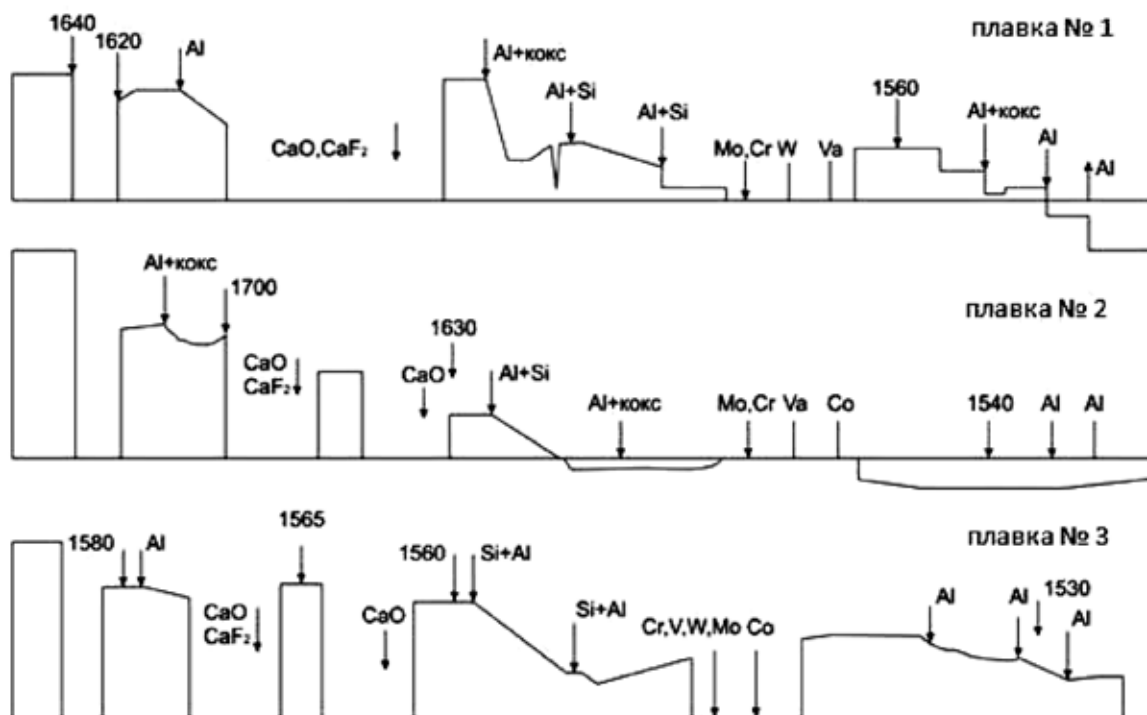


Рис. 6. Характер изменения ПСНД по ходу восстановительного периода на трёх опытных плавках быстрорежущей стали в ДСП-25

Таблица 1. Химический состав шлака быстрорежущей стали перед выпуском плавки и ПСНД

Номера плавков	Состав шлака, %					ПСНД, В
	CaO	CaF ₂	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	
1	36,5	20,8	14,3	0,8	0,4	- 0,28
2	40,9	18,8	11,8	0,9	0,9	- 0,20
3	42,9	17,7	14,0	-	4,6	+ 0,60

мического состава шлака. Кроме того, знание физических размеров ковша и толщины слоя шлака позволяет рассчитать его количество, что в совокупности со знанием химического состава позволяет автоматически рассчитывать количество необходимых добавок для проведения необходимых технологических операций. Подводя итог, можно сказать, что данная методика позволит обеспечить:

- оперативный контроль за химическим составом шлака;
- оптимальное использование энергии, выделяющейся в дуге, направляя её в металл и шлак;
- автоматизацию при проведении технологических операций, связанных с введением в металл различных добавок.

Литература:

1. Волкодаев А.Н. Использование амплитуд высших гармоник в напряжении дуги высокоомощной дуговой печи для управления энерготехнологическим процессом / А.Н. Волкодаев, Н.В. Евсеева, О.К. Токовой // Сталь, 2000. №2. С. 24–27.
2. Сысолин А.В. Влияние химического состава шлака на электрический режим плавки стали в дуговой печи переменного тока / А.В. Сысолин, И.В. Некрасов, О.Ю. Шешуков, В.Т. Луценко, В.С. Гуляков // Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов: Тр. XII Российской конференции. Т3. Экспериментальное изучение шлаковых расплавов; взаимодействие металл – шлак. Екатеринбург: УрО РАН, 2008. С. 98–101.
3. Некрасов И.В. Автоматический контроль состава шлака при обработке стали на агрегатах ковш-печь по параметрам электрического режима / И.В. Некрасов, О.Ю. Шешуков, А.В. Сысолин, В.Т. Луценко, В.Н. Бондаренко // Известия вузов. Чёрная металлургия, 2009. № 10. с. 18–21.
4. Воробьев В.П. Рабочие зоны ферросплавных печей и схемы замещения полезной электрической нагрузки / В.П. Воробьев, А.В. Сивцов. // Электрометаллургия, 2001. № 6, с. 12–14.
5. Воробьев В.П. Автоматизация дуговых электропечей / В.П. Воробьев, А.В. Сивцов, С.Г. Возжеников // Чёрные металлы, 1999. № 5, с. 12–14.
6. Воробьев В.П. Определение глубины погружения электродов в дуговых восстановительных печах / В.П. Воробьев, А.В. Сивцов // Труды Международной научно-практической конференции «Теория и практика электротермии ферросплавов», Никополь, 1996, с. 138–139.
7. Воробьев В.П. Строение рабочего пространства и схемы замещения полезной электрической нагрузки ферросплавных печей / В.П. Воробьев, А.В. Сивцов // Сб. трудов научно-технического совещания «Электротермия-2000». – СПб, 2000, с. 227–232.
8. Шешуков О.Ю. Применение автоматизированной системы контроля и управления (АСКиУ) технологией выплавки стали / О.Ю. Шешуков, А.В. Сивцов, С.В. Житов, К.В. Тихонов, В.Т. Луценко, В.Н. Бондаренко, А.В. Сысолин, И.В. Некрасов // Тр. десятого конгресса сталеплавателей. М., 2009. С. 377–380.
9. Некрасов И.В. Перспективные направления совершенствования плавки и доводки стали в электродуговых печах переменного тока и агрегатах «ковш-печь» / И.В. Некрасов, А.В. Сысолин, О.Ю. Шешуков, В.Т. Луценко, В.Н. Бондаренко, В.С. Гуляков // Тр. десятого конгресса сталеплавателей. М., 2009. С. 256–260.
10. Сысолин А.В. Управление электрическим и технологическим режимами плавки по анализу постоянной составляющей напряжения дуги (ПСНД) / А.В. Сысолин, О.Ю. Шешуков, И.В. Некрасов, В.Т. Луценко, В.Н. Бондаренко, В.С. Гуляков // Тр. десятого конгресса сталеплавателей. М., 2009. С. 346–353.
11. Лесков Г.И. Электрическая сварочная дуга / Г.И. Лесков – М.: «Машиностроение», 1970. 335 с.
12. Фарнасов Г.А. Автоматизация процессов электроплавки стали. – М.: Металлургия, 1972. 232 с.
13. Некрасов И.В., Шешуков О.Ю., Сысолин А.В., Луценко В.Т., Бондаренко В.Н. Автоматический контроль состава шлака при обработке стали на агрегатах ковш-печь по параметрам электрического режима / Известия вузов. Чёрная металлургия, 2009. № 10. с. 18–21.

Оценка долговечности новой многослойной конструкции стены малоэтажных зданий

Емельянова Татьяна Александровна, младший научный сотрудник

Балаковский институт техники, технологии и управления (филиал) ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина»

Денисова Алла Павловна, доктор технических наук, профессор

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

В последнее время существенно увеличилось количество строящихся зданий с многослойными ограждающими конструкциями, долговечность которых с позиции теории надежности по определению меньше долговечности конструкций однородных. Связано это с тем, что выход из строя любого конструктивного слоя (пароизоляции, элементов крепления, теплоизоляции, наружного ограждения и т.д.) такой конструкции нарушает нормальную эксплуатацию конструкции в целом. Наиболее распространенным примером таких конструкций являются сэндвич панели с различными обшивками и средним теплоизоляционным слоем. Достоинством таких конструктивных решений является простота и невысокая трудоемкость возведения. Однако, как показала практика их использования в России, данные конструкции не всегда отвечают требованиям долговечности.

На основе проведенных авторами исследований существующих конструктивных решений ограждающих стен малоэтажных зданий и в долговечности, и в технологичности возведения предложена новая многослойная конструкция стены МНС [2]. Конструктивно МНС состоит из 5 слоев, симметрично расположенных относительно продольной оси: утеплителя из органического материала (плотных соломенных блоков или лент); двух контактных слоев и двух наружных несущих слоев из армированного торкрет-бетона (рис 1).

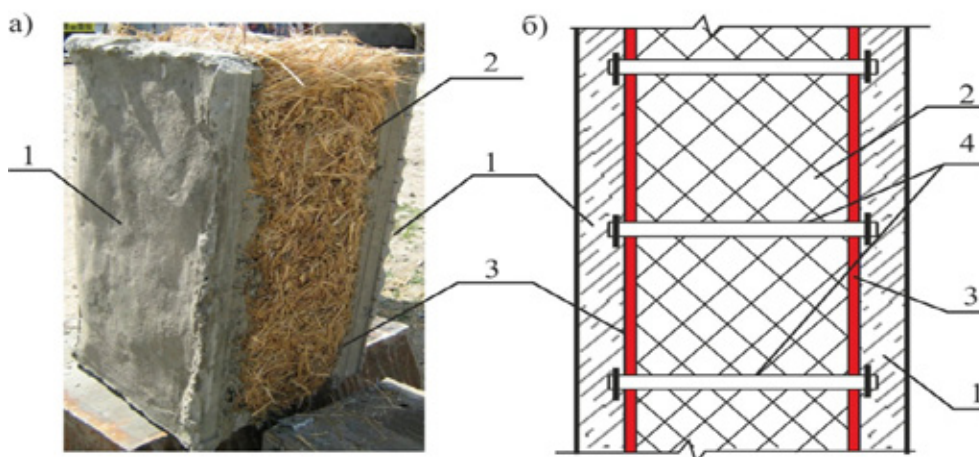


Рис. 1. Новая конструкция многослойная конструкция стены: а – общий вид; б – поперечный разрез:
1 – армированный торкрет-бетон, 2 – органический утеплитель; 3 – контактный слой, 4 – связи

Данная конструкция предназначена для строительства малоэтажных зданий в сельских районах.

Достоверный прогноз долговечности конструкций связан с количественным анализом процесса разрушения, который учитывает вклад технологических, конструктивных и эксплуатационных факторов в кинетику развития микро и макроповреждений в бетоне и арматурной стали.

Исследование долговечности МНС было проведено на основе двух подходов. В первом подходе для прогнозирования долговечности стены МНС была проведена оценка характеристики климатической активности г. Саратова с учетом марки по морозостойкости несущего слоя из торкрет-бетона. По наблюдениям метеостанции, взятым из метеорологических ежемесячников г. Саратова, найдены среднесуточные температуры по дням за 2008–2011 гг. для летне-осеннего (ноябрь–декабрь) и зимне-весеннего (февраль–март) периодов года были построены графики для определения в каждом из рассматриваемых годов полупериодов оттепелей и заморозков, их амплитуды и их количества в году на зимне-весеннем и летне-осеннем периодах (рис. 2 – пример графика для летне-осеннего периода 2011 г.)

Определим ожидаемый срок службы МНС при толщине утеплителя 380 мм, толщине наружных слоев по 50 мм, класса прочности торкрет-бетона В 22,5 и морозостойкости F 300 [3].

Долговечность θ , лет, наружной многослойной стены слоя определяется по формуле [3]:

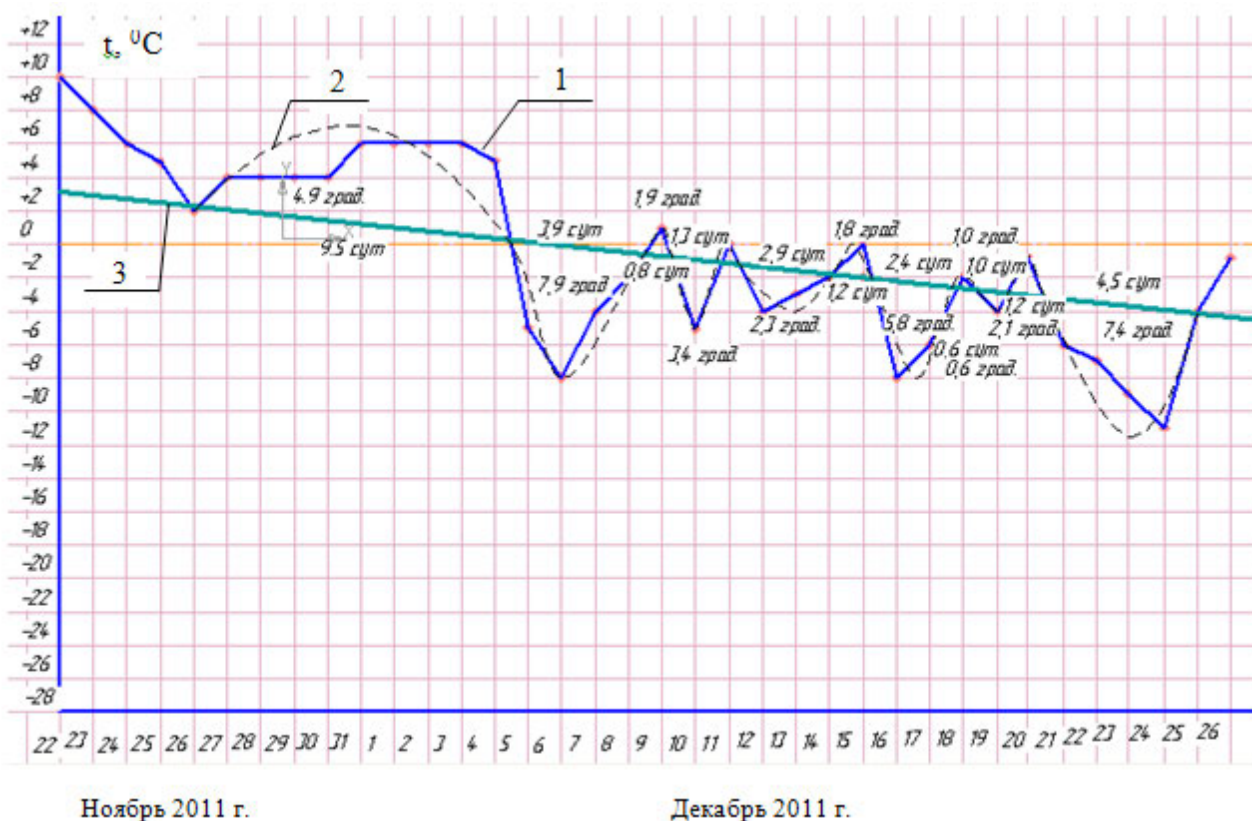


Рис. 2. Годовой ход среднесуточных и среднемесячных температур на летне-осеннем периоде 2011 г. в Саратове:
 1 – среднесуточные температуры; 2 – кривая годового хода среднемесячных температур;
 3 – граница перехода через 0°C

$$\theta = \frac{F(\omega_n - \omega_p)}{[\omega_s^{(3)} - \omega_p] \sum_{(i)} n_i^{(3)} \cdot \zeta^{(3)}(t_i) + [\omega_s^{(n)} - \omega_p] \sum_{(i)} n_i^{(n)} \cdot \zeta^{(n)}(t_i)}, \quad (1)$$

где $F = 300$;

ω_n – по таблице 6 [3] = 8,3%;

ω_p – по таблице 7 [3] = 0,6%;

Оценка квазистационарного составляющего поля по методике [3] в летне-осенний период показала отсутствие переходов через 0°C и соответственно $\zeta^{(3)} = 0$.

$\omega_s^{(3)} = 44\%$ – определяется расчетом по методике [3];

$\zeta(t_i) = 0,584$ принимается по табл. 8 [3] в зависимости от достигаемой материалом отрицательной температуры t_i в каждом отдельном случае и ее перехода через 0°C ниже температуры начала замерзания $t_{из}$ в нем жидкой влаги (см. рис. 2);

$n_i^{(3)} = 2$ (определяется по графикам см. рис 2).

$$\theta = \frac{300(0,083 - 0,006)}{[0,44 - 0,006] \cdot 2 \cdot 0,584} = 45,5 \text{ лет}$$

Ожидаемый срок службы МНС составил 45 лет, что соответствует III классу долговечности.

Основным материалом, обеспечивающим долговечность МНС является несущие слои из торкрет-бетона. Поэтому во втором подходе оценка долговечности была проведена методом механики разрушения бетона и учитывала структурные изменения бетона во времени, характеризующиеся трещиностойкостью несущих слоев.

Метод базируется на следующих основных принципах и положениях, которые определяют долговечность и механизмы разрушения бетона [1]:

– бетон рассматривается как упругая квазиоднородная двухкомпонентная среда, состоящая из а) матрицы – цементного камня со структурными элементами щебня и песка; б) пустот, капилляров и трещин.

– все пустоты в структуре бетона могут быть рассмотрены как трещиноподобные дефекты структуры. Генерация трещин протекает во времени, и этот процесс можно назвать «старением бетона».

— пустоты в матрице представлены соподчиненной пятиуровневой системой (по форме и размерам, кратным диаметру; чем больше кратное, тем выше уровень), см. табл. 4.2. [4].

Долговечность рассматривается как третье предельное состояние, определяемое временным отрезком, в пределах которого в бетоне вследствие тепловых и коррозионных процессов, а также механических напряжений суммарная характеристика структурных дефектов, накопившихся в матрице и заполнителях, достигает критической величины, а остаточные физико-механические свойства удовлетворяют условиям эксплуатации. КИН железобетона принимается за основную характеристику, оценивающую накопление повреждений в материале.

Для расчета были приняты следующие исходные данные: несущий слой МНС выполнен бетона класса В 22,5 следующего состава (данные эксперимента):

Ц — 164,4 кг, П — 423,9 кг, В — 71,4 кг, В/Ц — 0,43.

Толщина теплоизоляционного слоя — 0,4 м. Армирование по толщине стенки: 2 арматурных каркаса Ø5 А240 с шагом 100 мм. Несущий защитный слой торкрет-бетона 50 мм.

Наружная стена МНС подвергается воздействиям: с наружной стороны — климатической температуры и влажности.

Климатические (пиковые) параметры района [5]:

в зимнее время: температура (–44°C), влажность воздуха 83%;

в летнее время: температура (42°C), влажность воздуха 41%.

В расчетах приняты максимальная и минимальная температуры холодного и теплого периодов, а не ее средние значения, что позволит, в конечном счете, иметь некоторый запас. Долговечность бетона определяется его структурой, поэтому в расчете используются параметры трещиностойкости бетона — критические (КИН) коэффициенты интенсивности напряжений — структурозависимые интегральные характеристики.

Предельное значение КИН K_{IC}^{cr} для заданного состава бетона определяется по формуле, полученной в результате многофакторного анализа [4]:

$$K_{IC}^{cr} = -0,0148 + 0,0011 R_{ag} + 0,1330 (Ц/В) + 0,0058 R_c - 0,0082 W_b - 0,5825 K_{ag} \quad (2)$$

где: $R_{ag} = 78,8$ МПа — прочность крупного заполнителя (песка);

Ц/В — цементно-водное отношение;

$R_c = 39,2$ МПа — активность цемента (принят портландцемент Вольского цементного завода);

W_b — влажность бетона, принимается в зависимости от влажности эксплуатационной среды W и содержания воды в исходном составе бетона по формуле:

$$W_b = W/100 + V/68 = 83/100 + 71,4/68 = 1,88 \%;$$

$K_{ag} = 0,904 \text{ л/м}^3 \cdot 10^{-3}$ количество заполнителя (крупного) в единице объема бетона, учитывая насыпной объемный вес песка 1565 кг/м^3 .

$$K_{IC}^{cr} = -0,0148 + 0,0011 \cdot 78,48 + 0,1330 (164,4/71,4) + 0,0058 \cdot 39,2 - 0,0082 \cdot 1,88 - 0,5825 \cdot 0,904 = 0,5358 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}.$$

Это максимально возможное значение КИН.

Определив значения коэффициентов интенсивности напряжений для каждого вида пустот при температурном и влажностном воздействии в холодное $K_{1,W}^{TW} = 6,247 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ и теплое $K_{1,S}^{TW} = 6,031 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$ время года и от силовой нагрузки $K_1^N = 1,389 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{1/2}$, был найден суммарный КИН.

Долговечность бетона ЖБК или время, в пределах которого структурные параметры бетона принятого состава достигнут предельных значений, равно:

$$t = 2 \left(K_1^{cr} - K_1^N \right) / \left| K_{1,W}^{TW} - K_{1,S}^{TW} \right| \Psi, \text{ (результат — в годах)} \quad (3)$$

$$t = \frac{2 \cdot (1,389 - 0,5358)}{6,247 - 6,031} = 85 \text{ лет.}$$

Ожидаемый срок службы стены МНС по трещиностойкости составил 85 лет, что соответствует II классу долговечности.

По результатам расчетов принимается наименьший класс долговечности, поэтому можно сделать следующий вывод: конструкция МНС относится к IV классу капитальности, то есть — по долговечности основных конструкций не ниже III степени (более 20 лет).

Литература:

1. Зайцев Ю.В. Механика разрушения для строителей Учеб. Пособие для строит. Вузов. — М.: Высш. Шк., 1991 — 288 с.
2. Пат. № 98441. РФ. Многослойный строительный элемент / Т.А. Емельянова, А.П. Денисова // БИ. 2010. №29.

3. Рекомендации по проектированию наружных стен панельных жилых зданий для северной строительной — климатической зоны. РСН 58—86 [Текст]. — Введ. 22.04.1986. — Ленинград: ГОСГРАЖДАНСТРОЙ ЛенЗНИИЭП, 1986.
4. РД ЭО 0447—03. Методика оценки состояния и остаточного ресурса железобетонных конструкций АЭС, важных для безопасности [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании «Консультант Плюс». — Режим доступа: <http://www.consultant.ru/online/base/?req=doc;base=LAW;n=78699>.
5. СНиП 23—01—99*. Строительная климатология. — Введ. 01.01.2000. — М.: Госстрой России, 2000.

Актуальные аспекты диагностирования вибрационных процессов механических систем в машиностроении

Ершов Дмитрий Юрьевич, кандидат технических наук, доцент
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», (г. Санкт-Петербург)

Современные тенденции диагностирования вибрационных процессов механических систем связаны с своевременным обнаружением и установлением характера развития дефекта в элементах системы, прогнозированием момента возникновения постепенного функционального отказа всей контролируемой системы в целом и условий возникновения внезапного отказа элемента системы.

В настоящее время оценка текущего состояния элементов и механической системы в целом осуществляется с помощью технических средств диагностики, содержащих в своей основе устройства микропроцессорной техники и ПЭВМ, что позволяет обрабатывать огромное количество информационных сигналов за короткий промежуток времени и таким образом существенно повышать надежность функционирования технических средств диагностики и получаемых с их помощью результатов.

Существует большое количество методов, способов и методик технической диагностики, которые позволяют решать задачи контроля текущего технического состояния различных видов машин и оборудования и устанавливать моменты зарождения и развития дефектов в их элементах.

В используемой на предприятиях машиностроительной отрасли практике технического контроля существенное значение приобретает диагностика качества функционирования электромеханических систем, которая базируется на основе разработанных диагностических моделей и на основании диагностических критериев, выбираемых для оценки технического состояния системы. Существенный недостаток всех существующих методов и способов диагностирования технического состояния контролируемой системы и ее элементов состоит в том, что осуществляется диагностирование уже появившихся дефектов, а не диагностирование условий их возникновения.

Наиболее актуальным в настоящее время является ознакомление с существующими и создание новых методов и способов диагностирования технического состояния механических систем и их элементов, основанных на изучении в них колебательных (вибрационных) процессов.

Есть небольшое количество методов диагностирования технического состояния механической системы, позволяющих оценивать влияние технологических погрешностей изготовления и сборки элементов системы, влияние неуравновешенности вращающихся масс системы на неравномерность износа поверхностей деталей в ней. В таких методах первоначально выявляется физическая природа вибрационных факторов в элементах системы, существенным образом влияющая на виброактивность всей системы в целом перед запуском ее в эксплуатацию. Рассматривается возможность изменения параметров виброактивности системы за счет активного изменения характеристик динамических процессов в ней путем предварительного математического моделирования вибрационных факторов. Решается задача оптимизации по получению минимальных значений суммарного вибрационного воздействия за счет изменения амплитуд и фазовых сдвигов его составляющих при учете широкого диапазона соотношений амплитуд вибрационных факторов от отдельных источников вибрации. Делается предположение о том, что вибрационные процессы в элементах механической системы порождают колебание основания, на котором они установлены, а колебания основания являются условиями существенного ускорения процессов износа элементов системы при определенных условиях эксплуатации. Параметры вибрационных процессов основания системы позволяют установить характер изменения величины суммарного вибрационного воздействия и положение его в плоскости и пространстве, а также выявить основные места концентрации вибрационных воздействий в виде динамических реакций на элементы системы, которые и создают условия формирования неравномерности износа на отдельных участках контактирующих поверхностей вращающихся элементов системы. Такой подход к анализу вибрационных процессов контролируемой механической системы в условиях

производства, перед запуском в эксплуатацию позволяет более целенаправленно осуществлять выбор модели контролируемого технического состояния системы. Также имеется возможность теоретического обоснования выбора допустимых уровней виброактивности отдельных источников вибрации, рационального выбора передаточных чисел зубчатых и ременных передач, комбинаций направлений вращения роторов и соотношений амплитуд и фазовых сдвигов вибрационных факторов.

Таким образом, современные методы диагностирования вибрационных процессов в механических системах позволяют контролировать техническое состояние элементов системы как в процессе эксплуатации, так и перед запуском системы в эксплуатацию, в процессе ее производства и проектирования.

В качестве примера рассмотрим математическое моделирование влияния направления вращения роторов на развитие динамического процесса механической системы.

Обычному механическому приводу соответствует динамический процесс с двумя источниками вибрации.

Вращение роторов механических систем может быть однонаправленным и разнонаправленным. Однонаправленному вращению соответствуют передачи с гибкой связью и механические передачи с внутренним зацеплением зубчатых колес, а разнонаправленному — зубчатые передачи с внешним зацеплением колес.

При однонаправленном вращении, то есть при совпадении направлений вращения ведущего и ведомого звеньев, вибрационные воздействия по осям симметрии X и Y контролируемого изделия и при равных амплитудах суммируемых гармоник можно представить в следующем виде:

$$\begin{aligned} F_x(\varphi) &= A(\sin n\varphi + \sin m\varphi) = 2A \sin \frac{n+m}{2}\varphi \cdot \cos \frac{n-m}{2}\varphi \\ F_y(\varphi) &= A(\cos n\varphi + \cos m\varphi) = 2A \cos \frac{n+m}{2}\varphi \cdot \cos \frac{n-m}{2}\varphi, \end{aligned} \quad (1)$$

где φ — угол поворота контролируемого изделия механической системы; A — амплитуда составляющих суммарного вибрационного воздействия $F_x(\varphi)$ и $F_y(\varphi)$ по осям координат симметрии X и Y контролируемого изделия, n и m — низшая и высшая гармоники ведущего и ведомого звеньев соответственно.

Используя выражения:

$$\begin{aligned} F_r(\varphi) &= \sqrt{F_x^2(\varphi) + F_y^2(\varphi)} \\ \varphi_s(\varphi) &= \arctg \frac{F_x(\varphi)}{F_y(\varphi)} \end{aligned} \quad (2)$$

Получим значение скаляра вектора $\vec{F}_r(\varphi)$ и угла его поворота $\varphi_s(\varphi)$ в фазовой плоскости для однонаправленного вращения роторов механической системы в виде:

$$\begin{aligned} F_r(\varphi) &= 2A \cos \frac{n-m}{2}\varphi \\ \varphi_s(\varphi) &= \arctg \left(\tg \frac{n+m}{2}\varphi \right) = \frac{n+m}{2}\varphi. \end{aligned} \quad (3)$$

Из полученных выражений (3) видно, что скаляр вектора суммарного вибрационного воздействия $\vec{F}_r(\varphi)$ изменятся с низкой частотой $\frac{n-m}{2}$, а частота его вращения равна увеличенной частоте $\frac{n+m}{2}$. Кроме того, и выражения (3) следует, что имеет место амплитудная модуляция суммарного вибрационного воздействия $\vec{F}_r(\varphi)$ и постоянная частота его вращения в фазовой плоскости $\varphi_s(\varphi)$. Таким образом, для передач с гибкой связью и зубчатых передач с внутренним зацеплением характерно быстрое вращение суммарного вектора вибрационного воздействия $\vec{F}_r(\varphi)$, с медленным изменением его величины. Неравномерность износа контактирующих поверхностей элементов опор вращения механической системы носят достаточно равномерный характер. На рис. 1,а представлен фазовый портрет суммарного вибрационного воздействия при однонаправленном вращении звеньев механической передачи $\vec{F}_r(\varphi)$ в зависимости от угла его поворота $\varphi_s(\varphi)$ в фазовой плоскости ($n=1, m=3, A=1$).

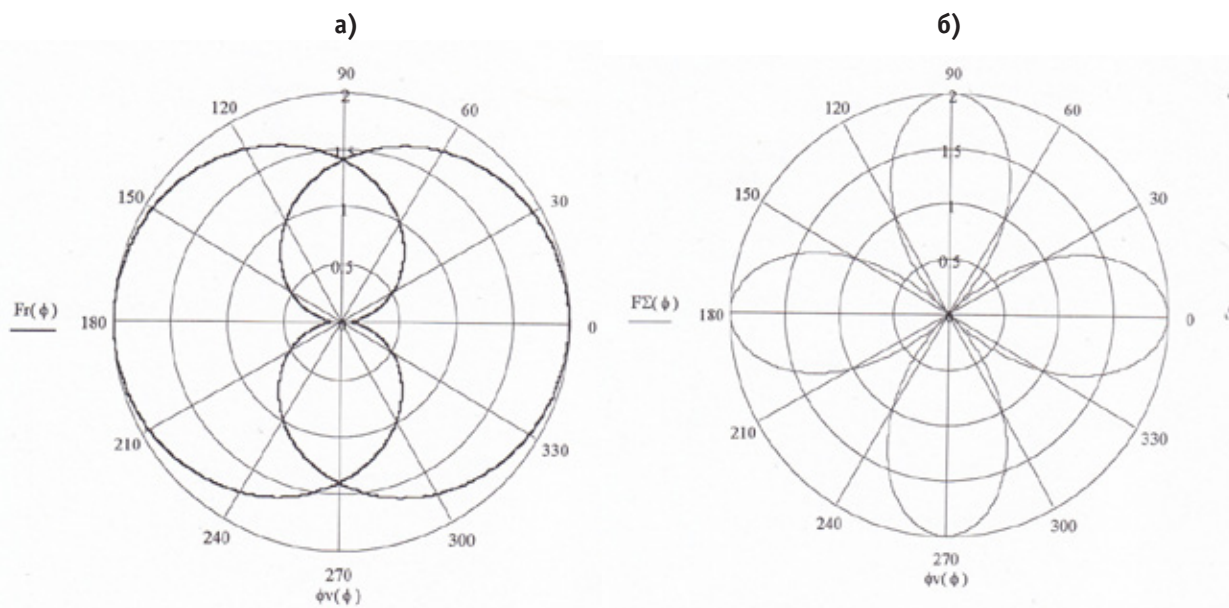


Рис. 1. Фазовые портреты суммарного вибрационного воздействия:
 а) для однонаправленного вращения звеньев;
 б) для разнонаправленного вращения звеньев.

При разнонаправленном вращении ведущего и ведомого звеньев механической передачи выражение для вибрационных воздействий по осям симметрии контролируемого изделия X и Y при равных амплитудах суммируемых гармоник будут иметь следующий вид:

$$F_x(\varphi) = A(\sin n\varphi - \sin m\varphi) = 2A \cos \frac{n+m}{2}\varphi \cdot \sin \frac{n-m}{2}\varphi$$

$$F_y(\varphi) = A(\cos n\varphi + \cos m\varphi) = 2A \cos \frac{n+m}{2}\varphi \cdot \cos \frac{n-m}{2}\varphi \quad (4)$$

Тогда значение скаляра вектора $\vec{F}_r(\varphi)$ и угла его поворота $\varphi_s(\varphi)$ в фазовой плоскости для разнонаправленного вращения роторов механической системы, примут следующий вид:

$$F_r(\varphi) = 2A \cos \frac{n+m}{2}\varphi$$

$$\varphi_s(\varphi) = \arctg\left(\tg \frac{n-m}{2}\varphi\right) = \frac{n-m}{2}\varphi, \quad (5)$$

Таким образом, скаляр вектора суммарного вибрационного воздействия $\vec{F}_r(\varphi)$ меняется с большей частотой $\frac{n+m}{2}$, а вращение его происходит с малой частотой $\frac{n-m}{2}$. Одноступенчатая зубчатая передача имеет переменный характер динамического процесса. Концентрации вибрационного воздействия имеют место в определенных угловых областях, что может привести к формированию локальных дефектов в контролируемом изделии. На рис. 1,б представлен фазовый портрет суммарного вибрационного воздействия при разнонаправленном вращении звеньев механической пере-

дачи $\vec{F}_r(\varphi)$ в зависимости от угла его поворота $\varphi_s(\varphi)$ в фазовой плоскости ($n=1, m=3, A=1$).

Таким образом, в механическом приводе с двумя источниками вибрации максимальное вибрационное воздействие равно сумме амплитуд суммируемых составляющих вибрации, и в зависимости от направления вращения роторов в механических системах существенно меняется характер динамического процесса.

Влияние нейтронов, протонов, электронов и гамма-квантов на вольт-амперные характеристики GaP (Zn-Te (S)-N) светодиодов

Зайцев Сергей Николаевич, аспирант

Московский государственный университет приборостроения и информатики

Введение

В данной работе описаны методы контроля и сравнительной оценки радиационной стойкости светодиодов из фосфида галлия, излучающих в желто-зеленой области спектра, широко применяемых в гражданской и спецпаратуре.

Практически единственным методом контроля радиационной стойкости и определения константы повреждаемости, описанным в литературе, является изучение зависимости силы света (I_V) от флюенса (дозы) облучения при малой плотности тока, когда I_V является экспоненциальной функцией напряжения и описывается классической формулой Шокли [1]:

$$I_V = A \tau_p \frac{n+1}{2} \exp\left(\frac{eU}{kT}\right) \quad (1)$$

Где τ_p — время жизни носителей в активной области;

n — показатель степени функции $N_R = ax^n$, описывающей распределение активаторов люминесценции в этой области.

Проведенные нами предварительные исследования показали, что зависимость силы света от флюенса (дозы) нейтронного, протонного, электронного и гамма облучения при фиксированном напряжении и токе менее 10^{-3} А имеют следующий вид:

$$\left(I_{V0}/I_V\right)^2 - 1 = \tau_{0,p} K \Phi \quad (2)$$

т.е. показатель степени n в выражении (1) равняется единице.

Это соответствует модели излучающего светодиода с равномерным распределением активаторов люминесценции в оптически активной области.

Однако, как правило, светодиоды работают при заданном токе, номинальное значение которого превышает 10^{-3} А. При номинальных токах наблюдаются отличные от (1) зависимости тока силы света от напряжения. При токах свыше 10^{-3} А преобладают степенные участки ВАХ. Зависимости силы света от тока флюенса линейны, пока величина последнего при нейтронном облучении не превышала 3×10^{13} н/см².

Для интерпретации экспериментальных результатов, в частности зависимости силы света от тока и флюенса облучения, нами предложена более сложная p^+-p (n)- p^+ -структура излучающего перехода, в котором ширина компенсированного слоя в зависимости от уровня легирования n -области донорами составила 0,1–0,4 мкм. Излучательная рекомбинация при малых токах преобладала в компенсированном слое, а при номинальном токе 10^{-2} –

10^{-1} А в p^+ -области. Аналитические зависимости силы света от тока, флюенса и электрофизических параметров активной области, согласно [3] могут быть записаны в следующем виде:

$$I_V = \tau_p / [e \tau_R (b \gamma_p + 1)] \cdot j \quad (3)$$

$$(I_{V0}/I_V) - 1 = \tau_{0,p} K \Phi, \quad (4)$$

где $\tau_{0,p}$, τ_p — время жизни дырок в p^+ -области до и после облучения;

τ_R — излучательное время жизни носителей в этой области;

$\gamma_p = (N_{t,p}/N_U) \exp(E_{t,p}/kT)$ — коэффициент захвата дырок в компенсированном слое;

$N_{t,p}$ — концентрация дырочных ловушек;

$E_{t,p}$ — энергия ионизации дырочных ловушек.

Выражения (3) и (4) являлись основополагающими при анализе зависимости силы света от тока, флюенса и параметров активной области.

Пока $b \gamma_p < 1$ ($\Phi \leq 3,4 \times 10^{13}$ н/см²) зависимость силы света от флюенса линейна, что является следствием снижения безызлучательного времени жизни из-за генерации облучением центров рекомбинации: антиструктурных дефектов (атомов галлия в узлах фосфора) с энергией ионизации 0,9 эВ и большим сечением захвата [3]. При обратном знаке неравенства ($b \gamma_p > 1$) сила света была пропорциональна Φ^{-2} вследствие генерации центров рекомбинации и дырочных ловушек.

Формула (4) являлась основополагающей при оценке констант повреждаемости и прогнозировании радиационной стойкости. При этом использовался линейный участок $I_V(\Phi)$ -характеристики.

Экспериментальные результаты

Светоизлучающие структуры были получены последовательным эпитаксиальным наращиванием слоев p - и r -типа на подложку фосфида галлия, легированного серой до уровня 3×10^{17} см⁻³. Концентрация цинка в r -области составляла 2×10^{17} – $2,5 \times 10^{18}$ см⁻³. Концентрация доноров (серы или теллура) и изоэлектронной примеси азота в оптически активной n -области у разных образцов менялись в пределах 5×10^{15} – 5×10^{17} и 5×10^{17} – 2×10^{18} см⁻³ соответственно в зависимости от требуемого цвета (спектра) излучения.

Светодиоды облучали нейтронами с энергией $\geq 0,1$ МэВ. Использовались импульсные реакторы БАРС-2 и БАРС-4.

Плотность потоков составляла 10^{16} и 10^{18} н/см²×с, длительность импульса — 90–120 Мкс и 100 нс соответственно. В качестве источника нейтронов с энергией 2,65 эВ использовался горизонтальный канал реактора ИРТ-2000 МГФИ. Спектр нейтронов измеряли активационным методом, а плотность потока с помощью серных пороговых детекторов [2,3]. Для пересчета флюенса с энергией 2.65 МэВ во флюенс с энергией более 0,1 МэВ использовали соотношение: $\Phi_{0,1} = q\Phi_{2,65}$, где фактор $q = 4.7$ [2].

При облучении протонами использовали циклотроны У-150 и У-240 в следующих режимах: $\phi_p \leq 5 \times 10^{10}$ пр/см²×с; $E_p = 18$ МэВ и $E_p = 70$ МэВ.

При облучении электронами использовали ускоритель ЭЛУ-4 в следующем режиме: $\phi_e \leq 10^{12}$ э/см²; $E_e = 4$ МэВ; микротрон М-10 с $\phi_e = 10^{12}$ э/см²; $E_e = 4$ МэВ и ускоритель электронов У12Ф: $\phi_e = \times 10^{12}$ э/см²; $E_e = 5$ МэВ.

В качестве источника гамма квантов использовали кобальтовую пушку ГУ-2000. Энергия гамма квантов составляла 1.25 МэВ, $P_\gamma (0,5-2,0) \times 10^2$ р\с.

Исследование зависимости силы света от облучения нейтронами подробно исследованы в работе [2]. Константы повреждаемости времени жизни ($\tau_{0,p}K_n$) лежали в пределах $(1,3-2,0) \times 10^{-12}$ см²/н при энергии нейтронов свыше 0,2 МэВ. При энергии пучка 2,65 МэВ величина произведения была в 2–3 раза выше.

Экспериментальные зависимости силы света от флюенса облучения протонами с энергией 18 и 70 МэВ и результаты расчета констант повреждаемости

В таблице 1 приведены значения (I_{V0}/I_V) при разных флюенсах облучения. При каждом значении флюенса, используя выражение (4) определяли величину произведения ($\tau_{0,p}K_p$).

Средняя величина ($\tau_{0,p}K_p$) составила $(4,9 \pm 0,1) \times 10^{-11}$ см²/р.

В таблице 2 представлены зависимости (I_{V0}/I_V) от флюенса при $E = 70$ МэВ. Также в каждой точке рассчитывали величину произведения ($\tau_{0,p}K_p$).

Средняя величина ($\tau_{0,p}K_p$) составила $(2 \pm 0,2) \times 10^{-10}$ см²/р и была примерно в два раза больше, чем при энергии 18 МэВ.

Экспериментальные зависимости силы света от флюенса облучения электронами с энергией 4–5 МэВ и расчет константы повреждаемости

В таблице 3 приведены значения (I_{V0}/I_V) при различных флюенсах облучения электронами при энергии 5 МэВ.

Средняя величина ($\tau_{0,p}K_e$) = $1,4 \times 10^{-13}$ см²/е.

У трех партий светодиодов значения ($\tau_{0,p}K_e$) лежали в пределах $(0,6-2,0) \times 10^{-13}$ см²/е.

Экспериментальные зависимости силы света от дозы (флюенса) облучения гамма квантами с энергией 1,25 МэВ и расчет константы повреждаемости

Исследовано влияние облучения гамма квантами с энергией 1.25 МэВ на силу света макетов светодиодов без линз и покрытий до доз 10^8 рад и серийных светодиодов и индикаторов до доз 6×10^6 рад. На рис. 1 приведены зависимости силы света от тока 7 светодиодов до и после облучения дозой гамма квантов 6×10^6 рад. При малых токах сила света снижалась в 5–7 раз, а в области рабочих токов в среднем в 2 раза. Величина произведения ($\tau_{0,p}K_\gamma$), оцененная из экспериментальных (I_{V0}/I_V)-характеристик при разных дозах с помощью выражения (4) составила $(3,3 \pm 1,2) \times 10^{-7}$ рад⁻¹ или $(1,3 \pm 0,6) \times 10^{-13}$ см².

В таблице 4 приведены зависимости (I_{V0}/I_V) от флюенса гамма квантов для макетов светодиодов без линз или полимерных покрытий, а также рассчитанные в каждой точке величины произведения ($\tau_{0,p}K_\gamma$).

Средняя величина ($\tau_{0,p}K_\gamma$) = $1,4 \times 10^{-13}$ см², что совпадает с ранее полученным значением.

Таблица 1. Зависимости (I_{V0}/I_V) от флюенса протонов с энергией 18 МэВ

$\Phi, \text{р/см}^2$	2×10^{11}	6×10^{11}	1×10^{12}	2×10^{12}	4×10^{12}
(I_{V0}/I_V)	10,4	29,2	50,0	93,1	196,2
$(\tau_{0,p}K_p)$	$4,8 \times 10^{-11}$	$4,7 \times 10^{-11}$	$5,1 \times 10^{-11}$	$5,0 \times 10^{-11}$	$4,9 \times 10^{-11}$

Таблица 2. Зависимости (I_{V0}/I_V) от флюенса протонов с энергией 70 МэВ

$\Phi, \text{н/см}^2$	10^{11}	3×10^{11}	5×10^{11}	2×10^{12}	$4,2 \times 10^{12}$
(I_{V0}/I_V)	13,0	31,0	59,0	240,0	500,2
$(\tau_{0,p}K_p)$	$1,1 \times 10^{-10}$	$1,0 \times 10^{-10}$	$1,3 \times 10^{-10}$	$1,2 \times 10^{-10}$	$1,15 \times 10^{-10}$

Таблица 3. Зависимость (I_{V0}/I_V) от флюенса электронов с энергией 5 МэВ

$\Phi, \text{э/см}^2$	2×10^{12}	2×10^{13}	7×10^{13}	1×10^{14}	3×10^{14}
(I_{V0}/I_V)	1,26	3,6	10,8	16,4	43,1
$(\tau_{0,p}K_e)$	$1,4 \times 10^{-13}$	$1,3 \times 10^{-13}$	$1,5 \times 10^{-13}$	$1,6 \times 10^{-13}$	$1,2 \times 10^{-13}$

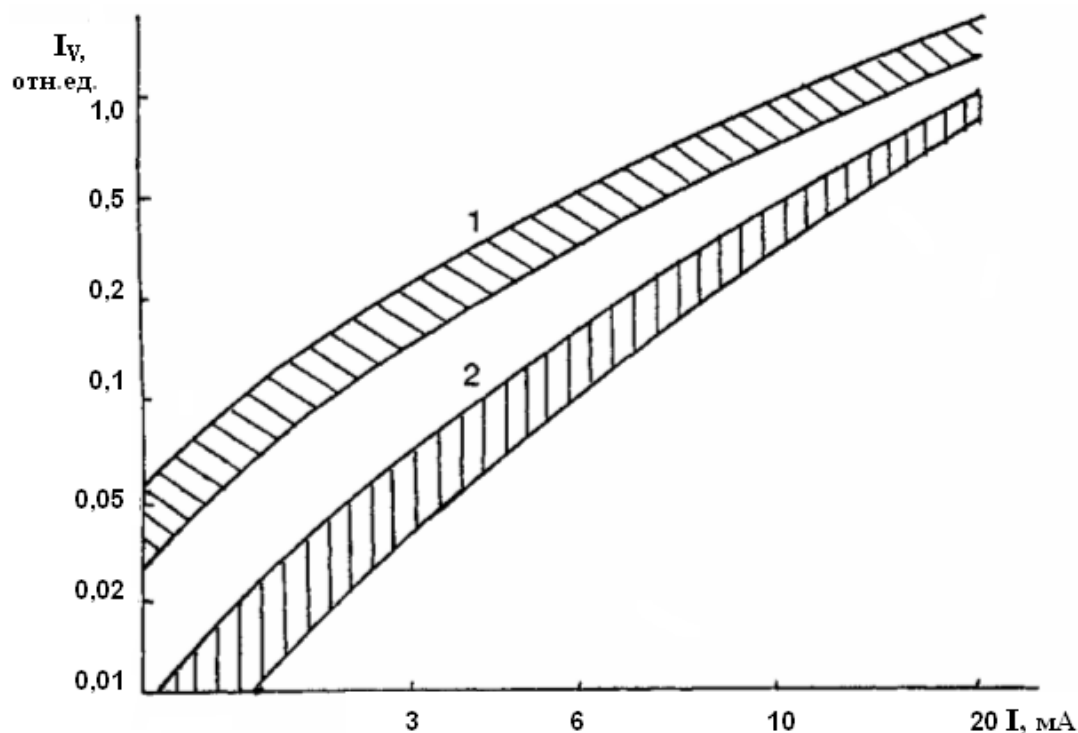


Рис. 1. Зависимости силы света от тока серии из семи макетов светодиодов до (1) и после (2) облучения гамма квантами с энергией 1,25 МэВ и дозой 6×10^6 рад

Сравнительный анализ влияния различных видов облучения на снижение силы света и расчет коэффициентов относительной эффективности

На графиках рис. 2 показаны кривые зависимости относительной силы света (I_{V0}/I_V) от флюенсов протонного, нейтронного, электронного и гамма облучения.

Для всех видов воздействий справедлива аналитическая зависимость (4), что служит подтверждением применимости используемой нами модели светодиода.

В таблице 5 приведены коэффициенты относительной эффективности (КОЭ) для каждого вида воздействия.

Из данных таблицы следует, что КОЭ определяются энергией и массой частиц, вызывающих радиационную деградацию.

Коэффициенты повреждаемости определяются также материалом, из которого изготавливается светодиод. У светодиодов с желто-зеленым цветом свечения в целом они на один — два порядка выше, чем у светодиодов, из-

Таблица 4. Зависимость (I_{V0}/I_V) от флюенса гамма квантов с энергией 1,25 МэВ

$\Phi, \text{см}^{-2}$	1×10^{12}	3×10^{12}	2×10^{13}	6×10^{13}	2×10^{14}
(I_{V0}/I_V)	1,1	1,4	3,2	8,2	33,1
$(\tau_{0,p} K_\gamma)$	$1,3 \times 10^{-13}$	$1,4 \times 10^{-13}$	$1,1 \times 10^{-13}$	$1,2 \times 10^{-13}$	$1,6 \times 10^{-13}$

Таблица 5. Коэффициенты повреждаемости и коэффициенты относительной эффективности (КОЭ) для различного вида воздействий

Вид воздействия К-ты	Нейтроны, $\text{см}^2/\text{п}, ^3\text{O}, 1$ МэВ	Протоны, $\text{см}^2/\text{р}, 18$ МэВ	Протоны, $\text{см}^2/\text{р},$ 70 МэВ	Электроны, $\text{см}^2/\text{у}, 5,0$ МэВ	Гамма кванты, $\text{см}^2/\text{рад}, 1,25$ МэВ
$(\tau_{0,p} K)$	$1,3 \times 10^{-13}$	$4,9 \times 10^{-11}$	$1,2 \times 10^{-10}$	$1,4 \times 10^{-13}$	$1,3 \times 10^{-13}$
КОЭ	1	37,7	92,3	0,105	0,092

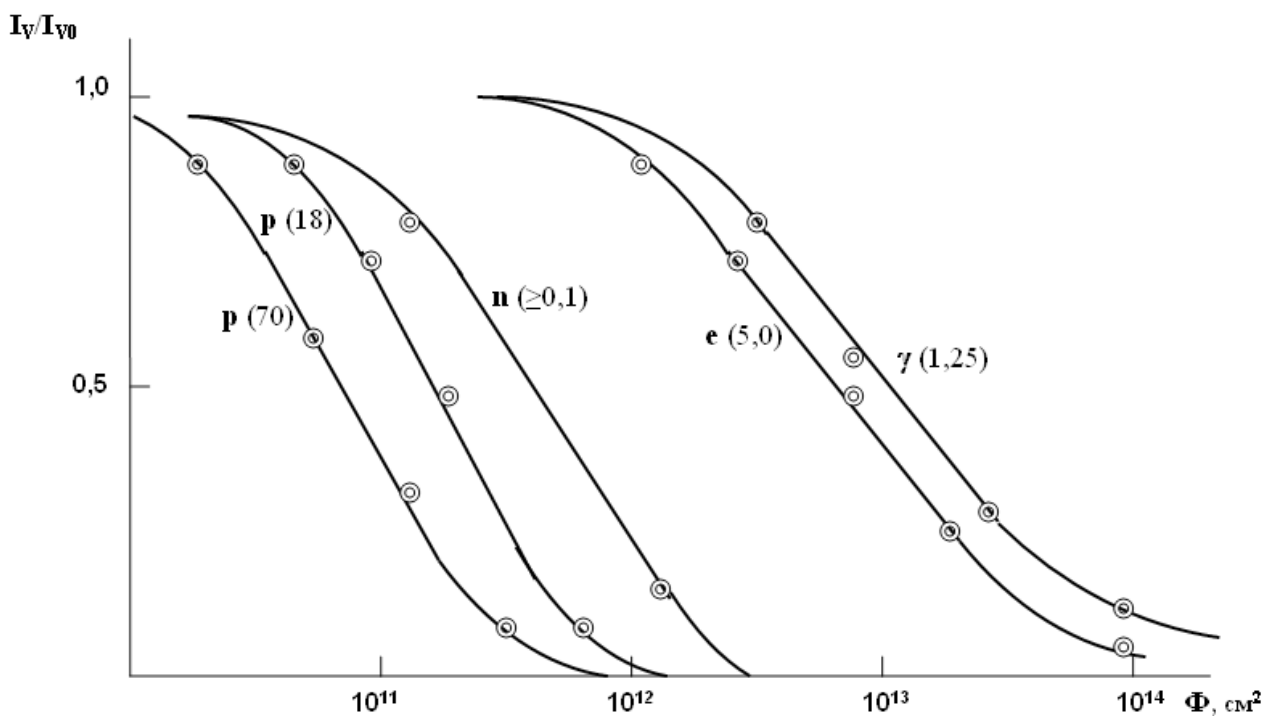


Рис. 2. Типичные зависимости силы света от флюенсов протонного (18 и 70 МэВ), нейтронного ($\geq 0,1$ МэВ), электронного (5,0 МэВ) и гамма (1,25 МэВ) облучения

лучающих в красной области спектра. Это является следствием преобладания излучательной рекомбинации в рафинированных, менее легированных слоях n-типа. В GaP (Zn-O) светодиодах оптически активная p-область относительно сильно легирована цинком и кислородом, что приводит к снижению как излучательного, так и безызлучательного времени жизни и, как следствие, величины

произведения ($\tau_{0,p}K$). В слоях p-типа значительная часть вакансий фосфора занята атомами кислорода, что приводит к снижению концентрации антиструктурных дефектов Ga_p, снижающих время жизни при облучении. И, наконец, генерация дырочных ловушек уменьшает силу света из p⁺-области, не влияя на ЭЛ из p⁺-слоя.

Литература:

1. Barnes C.E. Neutron damage in GaP:Zn-O light-emitting diodes//J.Appl. Phys. V.48. N 5. P. 1921–1927.
2. Крамер-Агеев Е.А., Трошин В.С., Тихонов Е.Г. Активационные методы спектроскопии нейтронов//М.: Атомиздат. 1976. с. 194–199.
3. Званцев А.А., Крамер-Агеев Е.А., Рыжиков И.В. Радиационные изменения характеристик светоизлучающих p-n-переходов из фосфида галлия//Препринт МИФИ-08–088. М.: 1988. 13 с.
4. Зайцев С.Н. Контроль и оценка радиационной стойкости GaP- (Zn-O) светодиодов при облучении нейтронами / С.Н. Зайцев // Технические науки в России и за рубежом (II): материалы междунар. заоч. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2012 г.). — М.: Буки-Веди, 2012. — С. 29–34.

Экспериментальное исследование поля давления ударно-акустической волны при электрическом взрыве кольцевой фольги

Канцедалов Дмитрий Александрович, аспирант;

Суркаев Анатолий Леонидович, кандидат технических наук, доцент;

Гольцов Анатолий Сергеевич, доктор технических наук, профессор

Волжский политехнический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета

Интерес к высокоэнергетическим импульсным воздействиям на вещество связан с физическими особенностями протекания электрического взрыва проводников (ЭВП). Электрический взрыв проводников в плотных конденсированных средах используется в промышленности как источник высокоэнергетических импульсных давлений, под воздействием которых обрабатываемые материалы могут изменять свои структурные свойства, подвергаться разрушению, формообразованию и т.д. [1]. Важнейшими параметрами ЭВП являются протекающий ток электрического разряда, плотность тока, напряжение, давление ударной волны, возникающей в конденсированной среде. Электрические взрывающиеся проволоки генерируют цилиндрическую ударно-акустическую волну. Для получения плоского волнового фронта используются плоские фольги, в частности, в виде плоского кольца [2]. На сегодняшний день существующие методики регистрации и измерения параметров электрического взрыва проводника находятся на пути дальнейшего становления, развития, обеспечивающее повышение точности измерения параметров. Следовательно, исследование гидродинамических возмущений в конденсированных средах, генерируемых электрическими разрядами, изучение влияния мощных импульсных воздействий на обрабатываемый объект приобретает все большую актуальность.

Целью работы является экспериментальное исследование поля давления ударно-акустической волны электрического взрыва плоской кольцевой фольги в конденсированной среде с использованием пьезокерамических преобразователей.

Экспериментальное исследование проводилось на основе информационно-измерительной системы, блок-

схема которой представлена на рис. 1, где ПИН, ПИТ, ПИД — преобразователи импульса напряжения, тока и давления, соответственно; КИК — коммутатор информационных каналов; Ос — осциллограф; ПК — компьютер. [3]

Энергетическая установка, используемая в экспериментальных исследованиях, представляет собой накопитель энергии конденсаторного типа с сопутствующим оборудованием. Накопитель установки набирался из конденсаторов в количестве 32 шт. марки КБГ-П-2 кВ и емкостью $C = 10 \text{ мкФ} \pm 10\%$ каждая, соединенных между собой параллельно, полная электрическая емкость батареи составляла $C = 320 \text{ мкФ}$. Индуктивность разрядного контура определялась экспериментально $L = 7,8 \text{ мкГн}$ с помощью измерителя иммитанса Е7-14. Активное сопротивление разрядного контура без учета сопротивления кольцевой фольги составляла $R = 0,089 \text{ Ом}$. Эксперименты проводились при зарядном напряжении $U_0 = 2 \text{ кВ}$ [4]. Максимальная запасенная энергия в накопителе составляла $W = 640 \text{ Дж}$.

На рис. 2 представлена схема экспериментальной установки, где 1 — взрывающаяся кольцевая фольга; 2 — кольцевой электрод; 3 — центральный электрод; 4 — диэлектрический цилиндр; 5 — пьезокерамические преобразователи давления. Взрывающаяся фольга с электродной системой цилиндрической геометрии установлена в верхней части взрывной камеры с конденсированной средой. Линейка пьезокерамических преобразователей давления в количестве 5 шт. располагается на расстоянии $h = 25 \text{ мм}$ от взрывающейся фольги и с периодом расположения относительно друг друга $d = 25 \text{ мм}$. Первый пьезопреобразователь находится на оси взрывающейся кольцевой фольги.

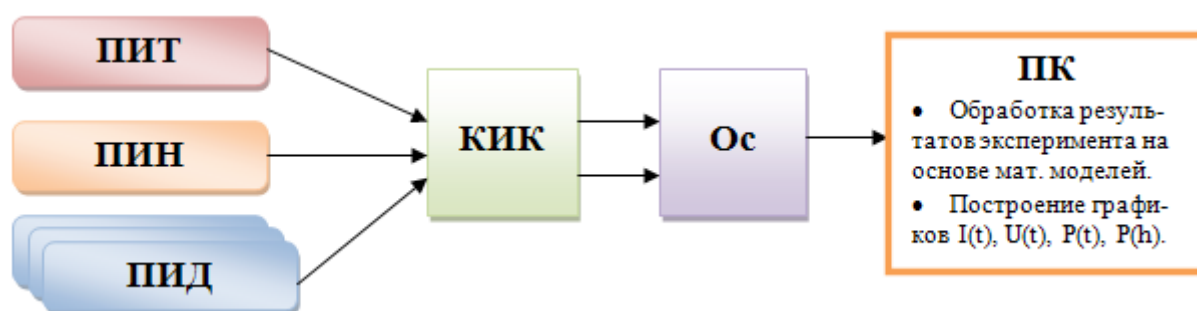


Рис. 1. Блок-схема информационно-измерительной системы

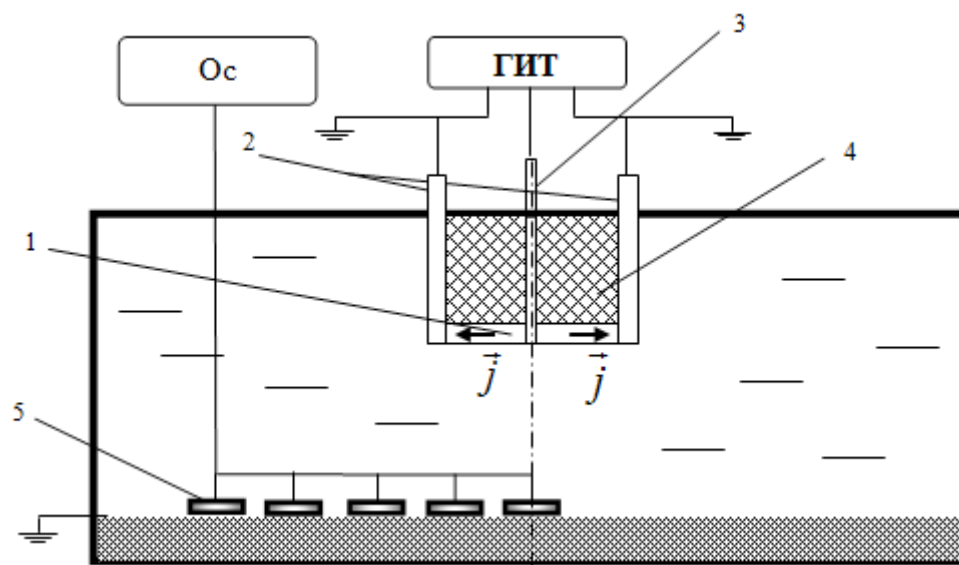
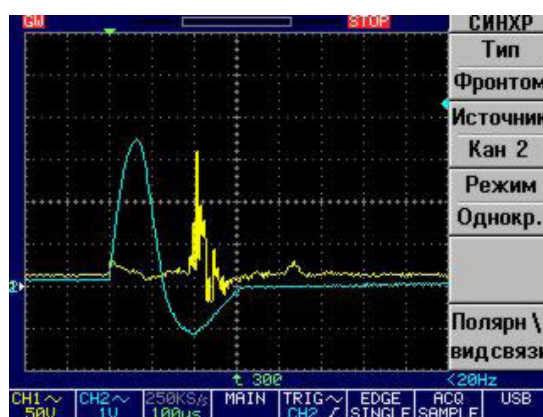
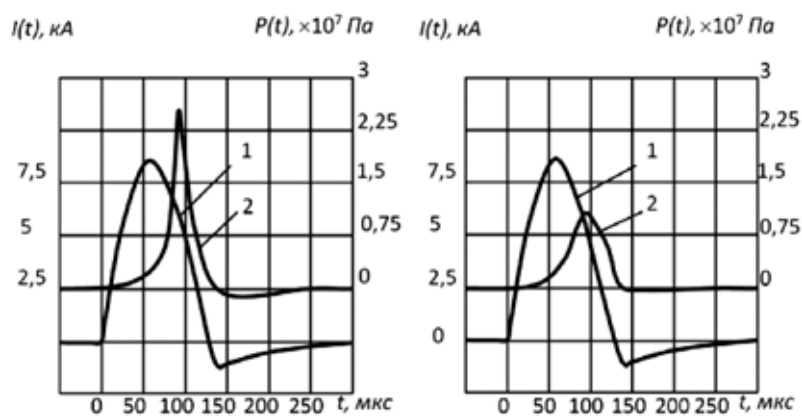


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Рис. 3. Осциллограмма импульса напряжения $U(t)$ Рис. 4. Осциллограммы разрядного тока $I(t)$ ЭВКФ и импульса давления $P(t)$ ударно-акустической волны

В ходе проведенных экспериментов получены характерные осциллограммы (рис. 3) разрядного тока $I(t)$ электрического взрыва плоской кольцевой фольги (ЭВКФ) и импульса давления $P(t)$ ударно-акустической волны, регистрируемого соответствующими пьезопреобразователями давления (ЦТС-19).

На рис. 4 представлены осциллограммы, регистрируемые первым и последним пьезопреобразователем давления с использованием переводных коэффициентов по

току — 2110 А/В и по давлению — $0,65 \cdot 10^6$ Па/В в замкнутом пространстве с конденсированной средой.

Таким образом, проведенные эксперименты, на основе представленной информационно-измерительной системы, позволяют осуществить исследование электрического взрыва плоской кольцевой фольги в замкнутой камере с конденсированной средой, определять физические параметры электрического взрыва и возбуждаемых ударно-акустических волн.

Литература:

1. Бурцев В.А. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках / В.А. Бурцев, Н.В. Калинин, А.В. Лучинский. — М: Энергоиздат, 1990. — 217 с.
2. В.А. Суркаев, М.М. Кумыш. Электрогидроимпульсный способ запрессовки труб в труднодоступных местах. Пат. 2378075 РФ, МПК В 21 D 26/10, В 21 D 39/04 — 10.01.2010.
3. Муха Ю.П., Суркаев А.Л., Кумыш М.М., Усачев В.И. Исследование давления ударно-акустической волны электрического взрыва кольцевой фольги в конденсированной среде // Известия ВолгГТУ. Серия «Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь». Вып. 6: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. — № 6. — Волгоград, 2012. г.С. 69—74.
4. Кумыш М.М., Суркаев А.Л., Усачев В.И. Исследование миллисекундного электрического взрыва металлических проводников // Письма в ЖТФ, 2011, том 36, вып.23. С. 97—104.

Метод визуального контроля за процессом заживления ран

Клюева Ирина Николаевна, магистрант;
Акиншина Вера Сергеевна, магистрант
Тамбовский государственный технический университет

Современные медицинские видеосистемы позволяют врачу и пациенту увидеть видеоизображение заболевания до и после лечения. Они предоставляют уникальную возможность увидеть изменения формы и цвета тканей, функциональные и структурные изменения за счет электронного увеличения (до 800х). Обычно медицинские видеосистемы состоят из операционного стола и видеокамеры с системой управления пространственным положением. Положение камеры меняется с помощью 2-х двигателей, осуществляющих изменение длины горизонтальной штанги и поворот на заданный угол (рис 1).

К недостаткам таких систем следует отнести невозможность проведения сравнительного анализа серии изображений, полученных при различных обследованиях в случае колебания поверхности сцены, на которой находится объект наблюдения.



Рис. 1

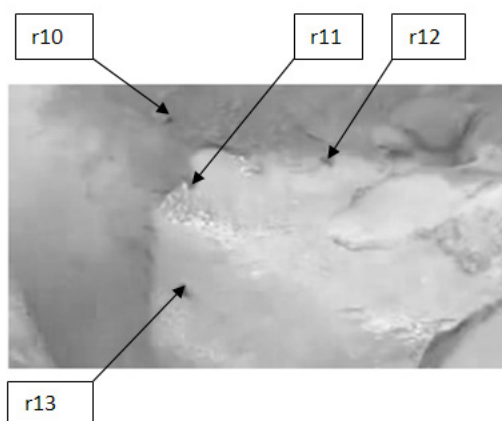


Рис. 2

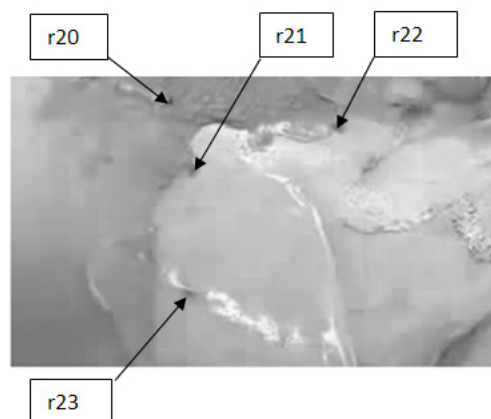


Рис. 3

Так, при совмещении серии изображений ожогов в области живота достичь полного совмещения нельзя из-за изменений поверхности живота на фазах вдоха-выдоха.

Сравним два изображения на вдохе и выдохе. Оценим положение характерных точек на рисунке 2 и рисунке 3. На рисунке 2 представлены изображения живота пациента находящегося в фазе вдоха, а на рисунке 3 в фазе выдоха. Изображения на рисунке 2 и рисунке 3 предварительно совмещены по одной точке вне живота (r10, r20) (эти точки не меняют свое положение при дыхании человека). Рассчитаем смещение характерных точек, находящихся в области живота. Анализ полученных результатов показал, что при изменении положения раны на вдохе и выдохе приводит к погрешности совмещения изображений больше чем на 14 пикселей.

Для решения задачи взаимной обработки изображений раневых поверхностей был разработан метод их совмещения. Он заключается в том, что при каждом обследовании формируется серия изображений с малым временным интервалом между ними, из которой выделяется изображение, соответствующее фазе выдоха. Это изображение заносится в базу данных и используется для анализа после проведения процедуры пространственного совмещения.

Для проведения процедуры пространственного совмещения можно использовать комбинацию известных способов: способ с использованием сжатия кадра [2] и способ наиболее информативных окон [1]. Сравнительный анализ способов совмещения изображений приведен в таблице 1.

Комбинация рассмотренных способов трансформируется в метод сжатых наиболее информативных окон, состоящий в том, что предварительно на неколеблющийся участок кожи приклеивается пленка с изображением ориентиров, потом при каждом обследовании из сигналов текущего изображения после их аналого-цифрового преобразования формируют сжатые изображения, из которых выделяют ориентиры и информационные области с центром в районе ориентиров, каждое текущее окно и эталонные окна используют для оценки параметров сдвига по минимуму корреляционной функции, изменение положения ориентиров используют для определения поворота текущего изображения относительно предыдущего, производят коррекцию сдвига и поворот текущего изображения, обновление сжатого эталона осуществляется в соответствии со следующим выражением $E_{ij}(t+1) = (1-W) \cdot E_{ij}(t) + W \cdot T_Q(F(t))_{ij}$, где $E_{ij}(t)$ – кадр эталона, $T_Q(F(t))$ – преобразование текущего кадра в соответствии с измеренными параметрами трансформации Q , W – весовой коэффициент, определяемый формулой $W = \frac{1}{\max(t-t_0, T_{ij})}$, где T_{ij} – время накопления эталона, t_0 – время начала хранения эталона.

Описанный метод предполагает осуществление поворот и изменение масштаба изображения.

Алгоритм поворота изображения состоит в следующем.

Пусть O – это центр поворота, M – некая точка исходного изображения. Для каждой точки M нужно найти угол между отрезком OM и горизонталью и длину r отрезка OM . Теперь, чтобы повернуть изображение на угол β , нужно каждой точке $M(x_1, y_1)$ присвоить цвет точки исходного изображения с координатами x, y , где

$$x_{1xy} = x_0 + r_{xy} \cdot \cos(\alpha_{xy} + \beta)$$

$$y_{1xy} = y_0 + r_{xy} \cdot \sin(\alpha_{xy} + \beta)$$

где x_0, y_0 – центр поворота,
 r – длина отрезка OM

Таблица 1

	Название способа		
	Способ с использование сжатия кадра	Способ сжатых наиболее информативных окон	Способ взаимной обработки изображений
Краткая характеристика	После аналого-цифровом преобразовании сигнала изображения каждого кадра, запоминании первого кадра, сжатии каждого кадра, запоминании первого сжатого кадра обрабатываемой последовательности в качестве эталонного изображения, определении параметров сдвига сжатого изображения текущего кадра относительно сжатого эталонного изображения с точностью до элемента пространственного разрешения (пикселя) на основе определения минимума корреляционной функции, сдвиге текущего изображения в соответствии с вычисленными значениями параметров сдвига, обновление сжатого эталона	Из сигналов текущего изображения после их аналого-цифрового преобразования формируются сжатые изображения, из которых выделяются ориентиры и информационные области с центром в районе ориентиров, каждое текущее окно и эталонные окна используются для оценки параметров сдвига по минимуму корреляционной функции, изменение положения ориентиров используется для определения поворота текущего изображения относительно предыдущего, производится коррекция сдвига и поворот текущего изображения	Из серии кадров с малым периодом повторения по критерию наименьшего расстояния между ориентирами после их аналого-цифрового преобразования формируются сжатые изображения, из которых выделяются ориентиры и информационные области с центром в районе ориентиров, каждое текущее окно и эталонные окна используются для оценки параметров сдвига по минимуму корреляционной функции, изменение положения ориентиров используется для определения поворота текущего изображения относительно предыдущего, производится коррекция сдвига и поворот текущего изображения, производится формирование эталонных окон из текущего изображения, после формирования эталонных окон производится взаимный анализ текущего и предыдущего изображений
Достоинства	Высокая точность определения параметров коррекции сдвига и поворота текущего изображения относительно эталонного при сокращенном числе вычислений	Высокая точность определения параметров коррекции сдвига и поворота текущего изображения относительно эталонного при сокращенном числе вычислений при фиксированном положении сцены	Повышение точности совмещения изображений при колебании поверхности сцены, на которой находится объект
Недостатки	Недостаточная точность совмещения изображений при колебании поверхности сцены, на которой находится объект, а также чувствительность к изменениям масштаба.	Недостаточная точность совмещения изображений при колебании поверхности сцены, на которой находится объект	Неточное совмещение серии изображений в цикле вдох-выдох

$$r_{x,y} = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\alpha_{x,y} = \text{atan} \left(\frac{y}{x} \right) \beta = \frac{\pi}{3}$$

Важно именно каждой точке нового изображения сопоставлять точку старого изображения, а не наоборот, так как иначе некоторые точки нового изображения останутся не закрасненными.

Муар на полученном изображении обусловлен наличием точек не участвующих в алгоритме поворота, их значения равны 0. Для коррекции повернутого изображения введем следующую функцию

$$F2_{yx} = \text{if} \left[F1_{yx} < 1, \frac{(F1_{y+1,x} + F1_{y-1,x} + F1_{y,x-1} + F1_{y,x+1})}{4}, F1_{yx} \right]$$

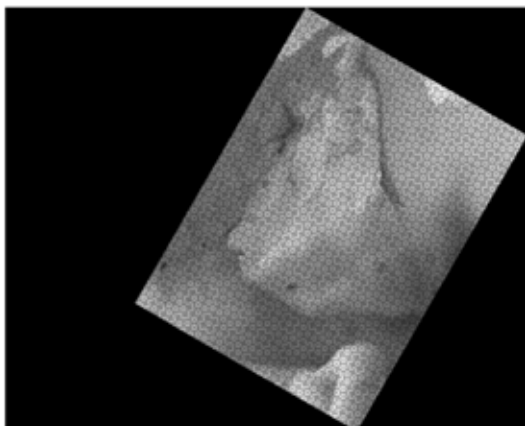


Рис. 4

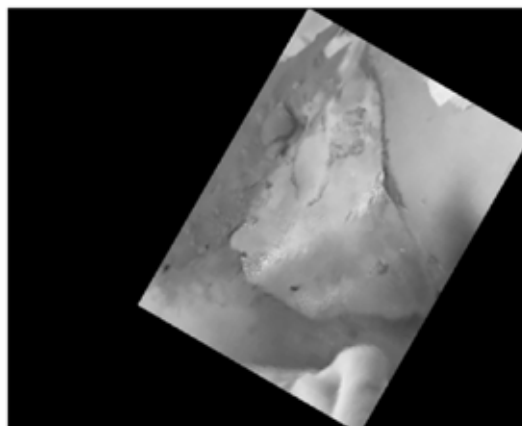


Рис. 5

Данная функция заменяет нулевые муарные точки средним значение соседних точек.

Как видно из полученного изображения рисунок муара исчез.

Алгоритм масштабирования заключается в следующем. В изображения вводятся дополнительные точки с яркостью исходных точек изображения. Число дополнительных точек определяется значением, на которое необходимо изменить масштаб изображения.

Произведем увеличение масштаба в два раза по обеим координатам:

$$mx = 0.1 \quad my = 0.1$$

$$F01_{2 \cdot x + mx, 2 \cdot y + my} = S_{x,y}$$

В этом случае одна точка исходного изображения заменяется на 4. Например, точка $S_{0,0}$ повторяется в точках $F01_{0,0}$, $F01_{0,1}$, $F01_{1,0}$, $F01_{1,1}$.

Предложенный метод взаимной обработки изображений позволяет повысить точность совмещения изображений при колебании поверхности сцены, на которой находится объект. Под сценой подразумевается область живота с ожогом или раной, совершающая колебательные движения.

При условии неизменности положения живота положение характерных точек определяется с точностью до одного пикселя, т.е. $\Delta_{\text{потенциальное}} = 1$ пиксель.

$$\text{Эффективность предложенного метода } \eta = \frac{\Delta_{\text{реальное}}}{\Delta_{\text{потенциальное}}} = 14,4.$$

Литература:

1. Брамер К., Зиффлинг Г. Фильтр Калмана-Бьюси. — пер. с англ. «Наука», 1982
2. В.Г. Репин, В.Н. Лагуткин. Радиотехника и электроника, том 45, № 11, с 1359—1364

Проблемы использования конструкций сборно-монолитного перекрытия

Копанев Андрей Евгеньевич, аспирант

Уральский государственный университет путей сообщения (г. Екатеринбург)

В настоящее время в основном строятся здания с монолитным перекрытием. Они являются более затратными, например, минимальная толщина перекрытия 220 мм с шагом колонн 6 x 6 м, расход арматуры составляет 200 кг на 1 м³ бетона [1]. Если использовать сборные плиты перекрытия, то приведенная толщина будет 120 мм (при толщине плиты 220 мм), расход арматуры на 1 м³ со-

ставляет примерно 30—70 кг. Поэтому строители постепенно переходят на сборно-монолитное перекрытие, которые полностью заводского изготовления и собираются на стройке с минимальным объемом монолитного бетона.

Один из удачных примеров — конструкция безригельного каркаса (КБК), её разработчиками являются: ФГУП ЦПО при Спецстрое России г. Воронеж и ОАО «12 Во-

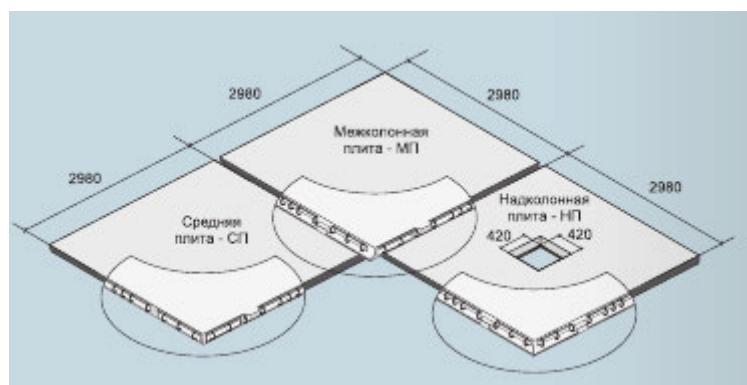


Рис. 1. Плиты перекрытия

енпроект» г. Новосибирск, сертификат соответствия № РОСС RU.СР48.С00047 от 05.04.2007 г. Каркас КБК представляет собой сборно-монолитную конструкцию. В качестве стоек каркаса служат колонны, роль ригелей выполняют плиты перекрытия. Пространственная жесткость обеспечивается жестким (рамным) соединением неразрезанных замоноличенных плит перекрытий с колоннами в уровне каждого этажа. В случае рамно-связевой схемы в работу дополнительно включаются элементы жесткости: связи и диафрагмы.

Каркас КБК монтируется из элементов системы, которые имеют 100% заводскую готовность, с последующим замоноличиванием узлов. в эксплуатационной стадии конструкция является монолитной.

Каркас прост в изготовлении. Элементы каркаса имеют простую геометрическую форму и минимальное количество типоразмеров с основными конструктивными элементами КБК возможно использование лестничных маршей, вентиляционных блоков, шахт лифтов, шахт дымоудаления из других систем.

Основные элементы конструкции.

Система КБК предусматривает применение однодольных плит перекрытия заводского изготовления с максимальными размерами $2980 \times 2980 \times 160$ мм, которые в зависимости от их местоположения в каркасе разделяются на: НП — надколонные, МП — межколонные, СП — средние. [3]

Диафрагмы жесткости устанавливаются в створе колонн или в стыках перекрытия. Высота диафрагмы соответствует высоте этажа, которая может быть различной.

Система КБК предусматривает применение неразрезных (многоэтажных) колонн сечением 400×400 мм с предельной длиной 11 980 мм. Высота этажа может варьироваться от 3 до 11 м. [3]

Связи — железобетонные элементы жесткости сечением 200×250 мм устанавливаются для высоты этажа (2,8; 3,0; 3,30 м) между колонн. [3]

Конструктивные особенности.

Система КБК является универсальной и предназначена для строительства жилых, общественно-социальных, административных и некоторых промышленных зданий (со-

оружений) в разнообразных климатических, рельефных, сейсмических условиях. [3]

Можно строить здания высотой до 75 м (25 этажей) в I–V климатических районах (в том числе сейсмически активных до 8–9 баллов по шкале MSK-64). Несущая способность перекрытий позволяет использовать каркас в зданиях с интенсивностью нагрузок на этаж не более 1200 кг/м^2 . Нормативная временная вертикальная нагрузка на плиты перекрытия составляет 200 и 400 кг/м^2 . [3]

Недостаток конструкции: ослабление самого ответственного надколонного участка отверстием для колонны и сложность сопряжения плиты с колонной, предусматривающая сварочные работы. Ограниченность ширины пролета (до 6 м) и нагрузки.

Предлагаемая конструкция.

Предлагаемая модификация системы позволяет сгладить эти недостатки. Это достигается тем, что надколонная плита выполняется монолитной, а колонна с проветами на уровне перекрытия.

Сущность конструкции рассмотренной в данной статье будет заключаться в том, что надколонные участки перекрытия выполняют монолитными, а межколонные и средний участки собирают из сборных элементов, при этом межколонные участки перекрытия жестко скрепляют с надколонными.

Благодаря этому обеспечивается монолитность перекрытия, что повышает надежность и обеспечивает универсальность перекрытия, то есть оно пригодно для больших пролетов и повышенных нагрузок.

Членение перекрытия на надколонные, межколонные и средние участки выполняют габаритами $(L/2) \times (L/2)$, где L — ширина пролета ячейки перекрытия. Членение межколонных и средних участков на сборные элементы выполняют из условия транспортировки, то есть шириной не более 3 м.

На рис. 1 приведена схема членения ячейки перекрытия пролетом до 6 м ($L \leq 6 \text{ м}$) на надколонные 1, межколонные 2 и средние 3 участки. Надколонные участки перекрытия выполняют монолитными, а межколонные и средние участки — сборными. Габариты участков в этом случае не превышают 3 м, поэтому членение межко-

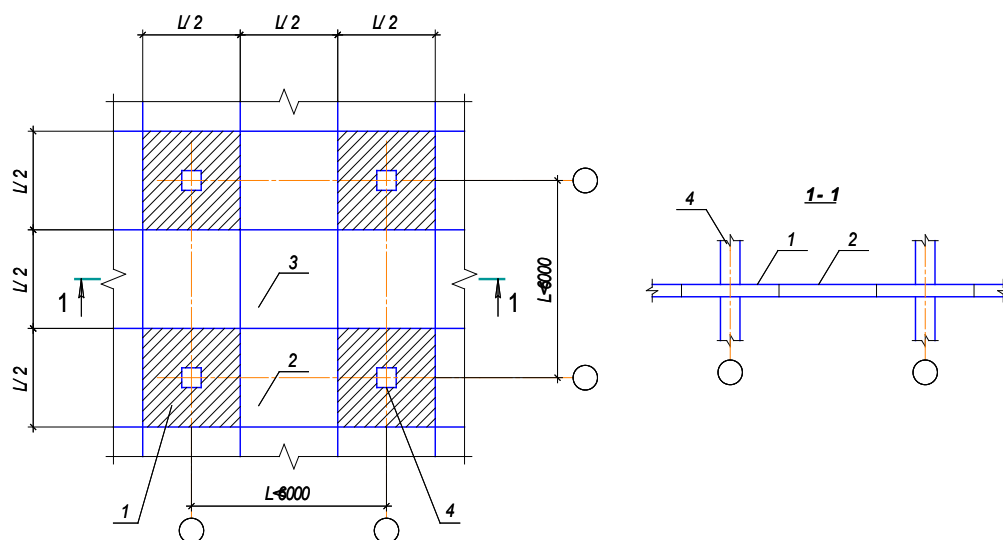


Рис. 1. Плоское сборно-монолитное перекрытие пролетом 6 м

лонных (МП) и среднего (СП) участков на сборные элементы не требуется. Все элементы одного размера.

Перекрытие опирается или на монолитные колонны поэтажного бетонирования, или на сборные колонны с просветами в уровне каждого перекрытия, которое замоноличивают вместе с надколонными участками перекрытия. Этим обеспечивается целостность надколонного участка по оси колонны.

Цель проведенных исследований найти максимальные значения усилий и прогибов в конструкции (M_x , M_y , Q_x , Q_y , f), а так же выяснить какая из данных схем будет более удобна относительно этих пяти параметров.

Рассматривается семь схем плит перекрытия. Сюда входят различные варианты загрузки, а так же опирания отдельных участков конструкции.

Исходные данные для схемы 1: плита 6×6 м, опертая на 4 колонны по углам, толщина плиты $t=160$ мм.

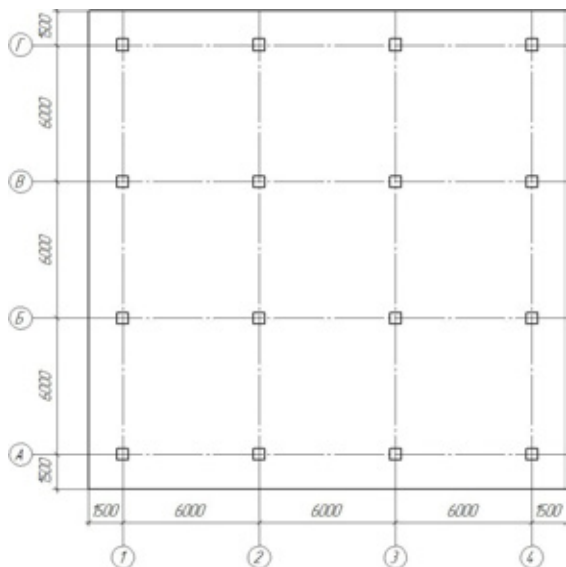


Рис. 2. Расчетная схема 2

Данная схема показывает максимальное значение усилий и прогиба в ячейке 6×6 м при её загрузке постоянной нагрузкой $F=10$ кН/м. Результаты можно увидеть в таблице 1.

$$f \leq \frac{L}{200} = \frac{6000}{200} = 30(\text{мм}); f = 32,2 > 30.$$

Схема 2, 3 и 4: плита перекрытия 21×21 м с шагом колонн 6 м, толщина перекрытия $t=160$ мм. В них варьируются варианты загрузки. В схеме 5 шарнирное опирание средней плиты. В схеме 6 надколонная плита толщиной $t=180$ мм, межколонная — 160 мм, средняя — 140 мм.

Последняя схема так же, как и шестая с переменным значением толщин плит, но надколонную плиту подкрепляем жесткой вставкой из двутавра I 14 [2].

Сравнивая между собой первую и вторую схему видно, что максимальный момент и поперечная сила значительно увеличились, но при этом значение прогиба снизилось на 59,9% от первоначального. Это объясняется следующими факторами:

- другая схема и габариты конструкции, от этого видно разницу значений усилий в местах опирания конструкции;
- работа одной, отдельно стоящей ячейки отличается от работы нескольких ячеек совместно, поэтому «ячейстые» конструкции удобны в строительстве.

Схема 3 и 4 показывают, как конструкция работает при том или ином загрузке.

Самой удачной схемой является схема 5. Анализ результатов показывает, что изгибающие моменты стали значительно меньше по сравнению со схемой 2 на 73,2%, а поперечные усилия на 93%, значение прогиба уменьшилось на 65,4%.

Если брать схему 6, видим что значения моментов и поперечных усилий не значительно отличаются: M_{\max} и Q_{\max} уменьшились на 10,5% и 45,5% соответственно, а прогиб наоборот увеличился на 3,7%.

Таблица 1. Данные расчета в САПР «Лира»

Схема №	Mx max, кНм	Mx min, кНм	My max, кНм	My min, кНм	Qx max, кН	Qx min, кН	Qy max, кН	Qy min, кН	fmax, мм
1	54.4	-	54.4	-	41.4	-41.1	41.4	-41.1	32.2
2	27.4	-134	27.4	-134	1850	-1850	1850	-1850	13.1
3	20.2	-56	20.2	-56	488	-488	488	-488	10.7
4	17.5	-55	17.5	-55	478	-478	478	-478	7.76
5	8.65	-35.9	8.65	-35.9	128	-128	128	-128	4.53
6	28.1	-120	28.1	-120	1010	-1010	1010	-1010	13.6
7	55	-55.1	55.2	-55.2	147	-147	197	197	7.49

В схеме 7 M_{\max} уменьшился на 58,8%, Q_{\max} — на 89,3% и прогиб f на 42,8% в сравнении с схемой 2.

Исходя из изложенного выше, можно сделать следующие выводы:

Изменение сечения перекрытия (схема 6) не на много «разгружает» конструкцию, при этом средняя толщина конструкции составляет 160 мм, что соответствует схеме

2. Также создание такого перекрытия будет более трудоемким. Поэтому данная схема не рациональна.

Наиболее рациональный выбор — это схема 5 с шарнирным опиранием средней плиты. Кроме того упрощается сопряжение плит друг с другом. В данном случае конструкция удовлетворяет целям задания.

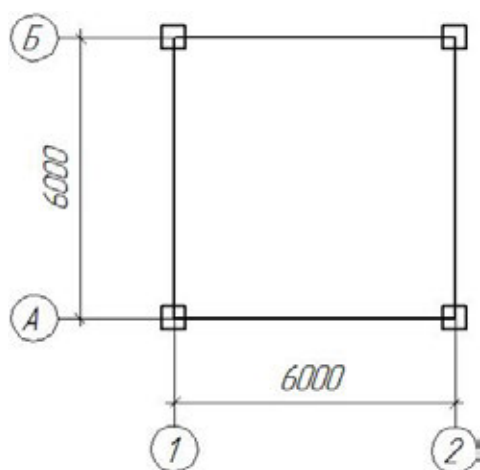


Рис. 3. Расчетная схема 1

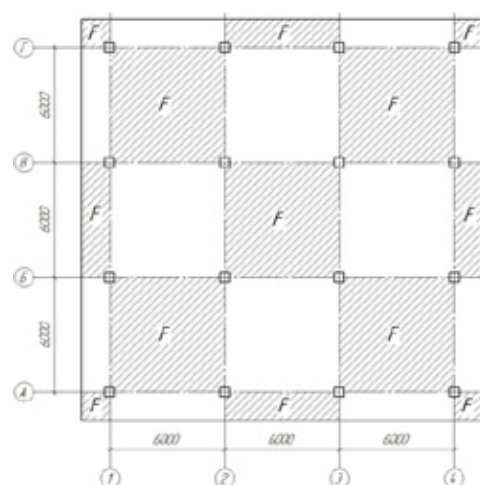


Рис. 4. Расчетная схема 3

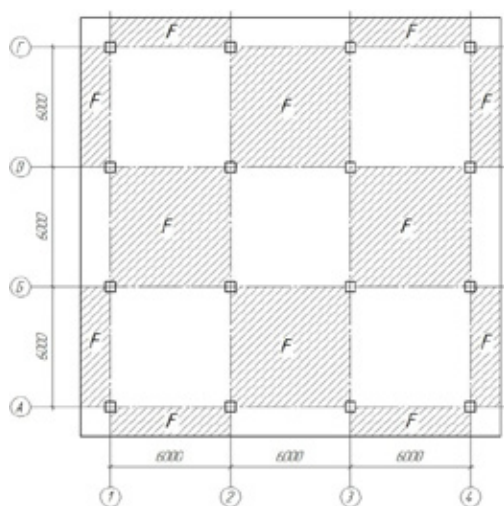


Рис. 5. Расчетная схема 4

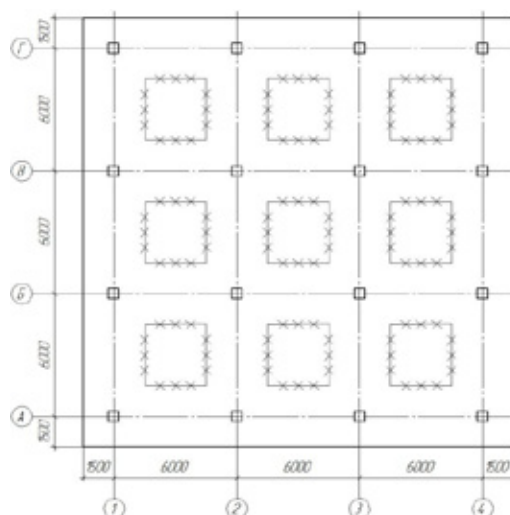


Рис. 6. Расчетная схема 5

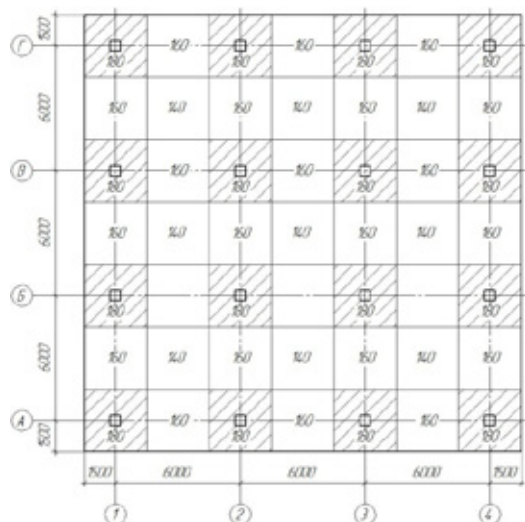


Рис. 6. Расчетная схема 6

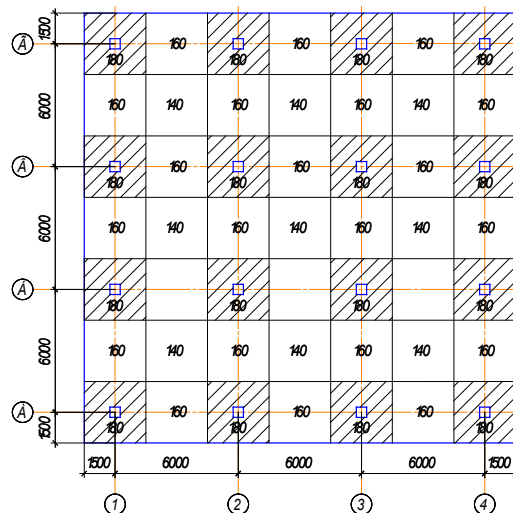


Рис. 7. Расчетная схема 7

Литература:

1. Потапов Ю.Б., Васильев В.П., Васильев А.В., Федоров И.В. Железобетонные перекрытия с плитой опертой по контуру // Промышленное и гражданское строительство, 2009. — №3. — с. 40–41.
2. ГОСТ 8239–89: Двутавры стальные горячекатаные. — Введ. 01.07.1990. — Министерством черной металлургии СССР, ГОССТРОЕМ СССР, ЦНИИ строительных конструкций. — 4 с.
3. ООО «КУБ-СТРОЙКОМПЛЕКС». Сборно-монолитный каркас. Надежная система строительства для инвестора и застройщика. — URL: http://www.kub-sk.ru/userfiles/File/KUB_Tehnology_nov.PDF. Дата обращения: 16.10.2011 г.

Построение архитектуры интеллектуальных транспортных систем

Криволапова Ольга Юрьевна, аспирант
Ростовский государственный строительный университет

Транспортная политика всех развитых стран мира уже более 20 лет базируется на разработке и продвижении интеллектуальных транспортных систем и создании единого информационного пространства в будущих мульти-модальных сетях.

Стоит отметить, что в современном мире существует огромное количество различных устройств транспортной телематики от автоматической идентификации номерных знаков автомобилей до применения ГЛОНАСС при осуществлении маршрутной навигации транспортных средств. Однако во многих случаях подобные элементы транспортной телематики используются по отдельности, выполняя только некоторые конкретные функции, что значительно снижает эффективность использования интеллектуальных транспортных систем, не применяя все их функции в полной мере. Потенциальные возможности интеллектуальных транспортных систем гораздо шире, тех, что применяются на практике в настоящее время.

Архитектуру интеллектуальных транспортных систем можно разделить на:

- опорную, которая определяет основные исполнительные элементы и процессы в транспортной системе, важные подсистемы, определяет основные целевые характеристики системы и ее связь с окружающей средой;
- функциональную, которая определяет отдельные функции элементов, модулей и подсистемы, включая связи между ними, в результате чего она дает возможность создавать приложения;
- информационную, которая определяет принципы формирования структуры соответствующей информационной подсистемы, включая требования к размещению, кодированию и передаче информации;
- физическую, которая определяет физические устройства, которые исполняют отдельные функции так, чтобы было обеспечено функционирование приложений, т.е. установление связей отдельных элементов, модулей и подсистем в функциональной архитектуре с соответствующими физическими устройствами (объектами);
- коммуникационную, которая описывает передачу информации в рамках системы в соответствии с физиче-

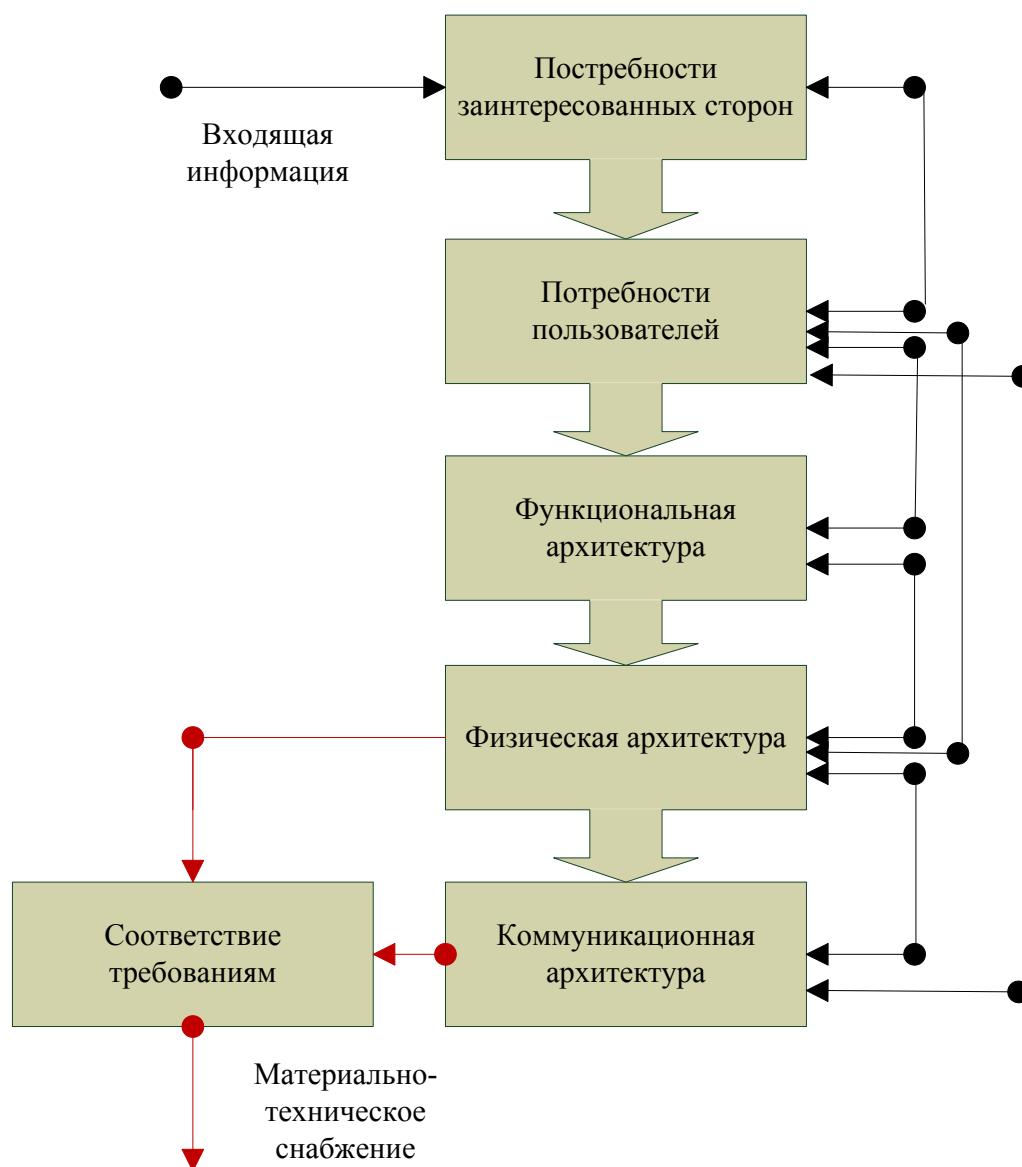


Рис. 1. Построение архитектуры ИТС

ской архитектурой;

- организационную, которая устанавливает принципы создания структуры и присвоение функций (так называемое воздействие) отдельным активным гуманитарным компонентам системы (или уровням управления).

На рисунке 1 схематично изображено построение архитектуры ИТС. Далее каждый из этапов будет подробно рассмотрен.

Основные возможности при построении архитектуры ИТС заключаются в следующем (рис. 2):

- группирование различных элементов, что позволяет отслеживать какие-либо их общие показатели и различия в данных.

- выбор набора функциональной архитектуры, которая удовлетворяет потребности пользователей, что позволит дальнейшее создание соответствующий физической архитектуры.

Построение архитектуры ИТС состоит из двух ос-

новных частей: построения функциональной архитектуры и физической. Рассмотрим схематически оба эти процесса (рис. 3).

Как только функциональная архитектура сочтётся приемлемой, её можно использовать в качестве основы для одной и более физических архитектур. Это совершается посредством выделения функций и хранилищ данных в отдельных подсистемах и, при необходимости, в модулях.

После завершения построения физической архитектуры, отчёт о её функционировании может быть использован в качестве отправной точки анализа Физического потока данных. Это приводит к созданию коммуникационной архитектуры, которая покажет детали необходимых связей между каждой подсистемой, модулем и объектом.

При необходимости, возможно добавление или изменение данных архитектуры ИТС. Это последовательный процесс, представленный на рисунке 5.



Рис. 2. Схема построения архитектуры ИТС

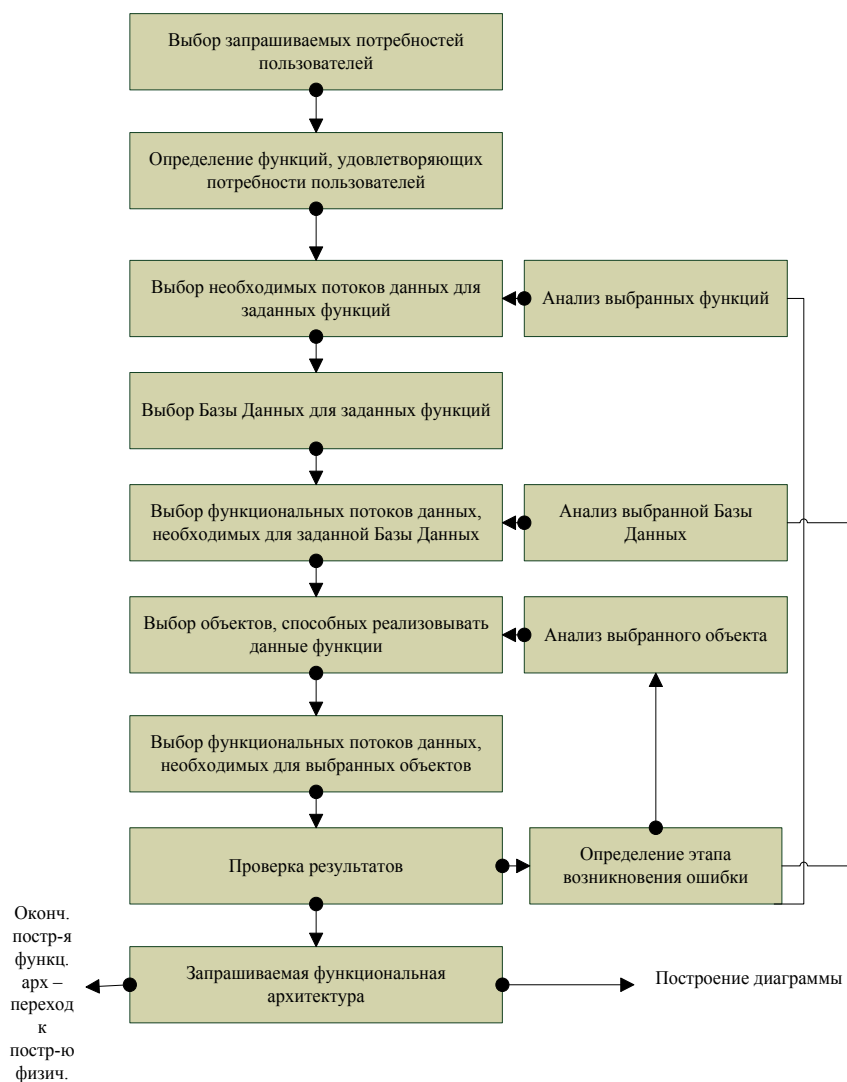


Рис. 3. Построение функциональной архитектуры

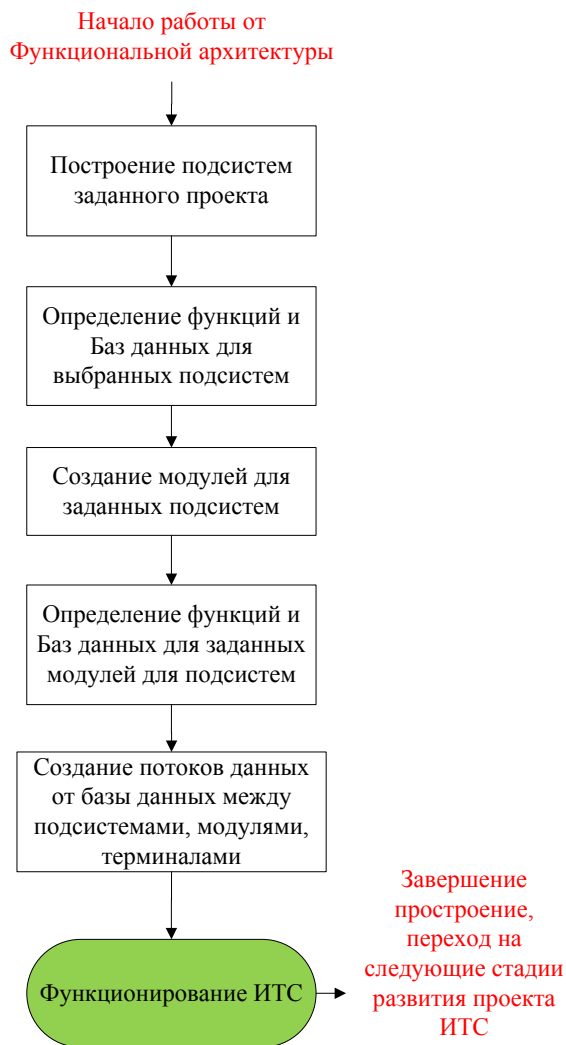


Рис. 4. Построение физической архитектуры

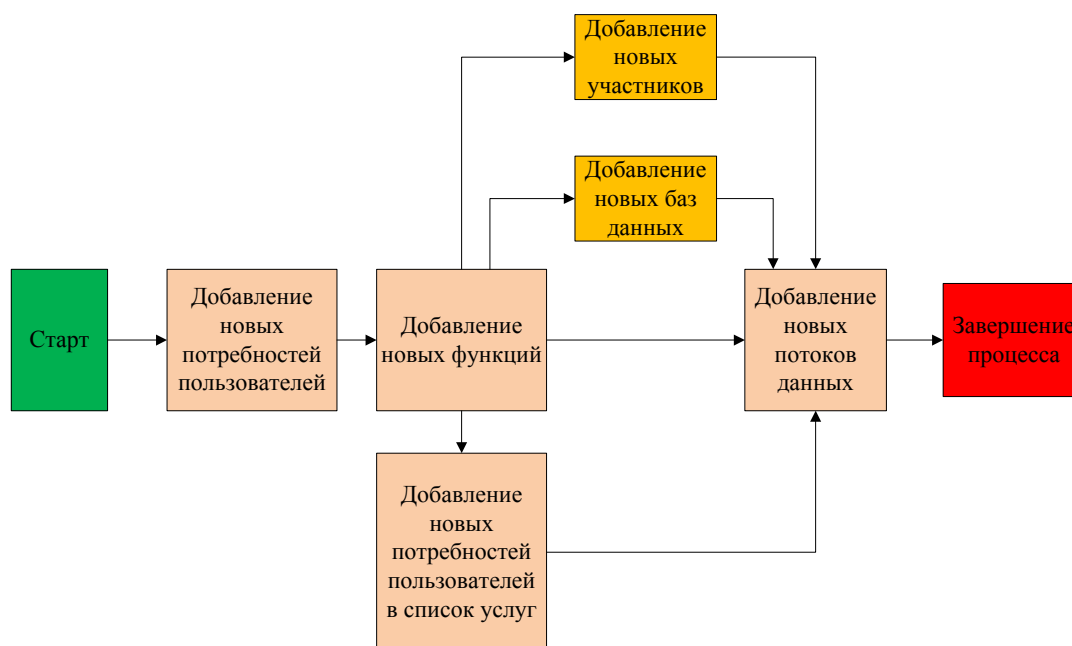


Рис. 5. Процесс внесения изменений в архитектуру ИТС

Способ расчёта на прочность протяженных тонкостенных конструкций с неосесимметричной формой поперечного сечения

Кудрявцев Илья Владимирович, кандидат технических наук, доцент;

Барыкин Евгений Сергеевич, аспирант;

Гоцелюк Ольга Борисовна, аспирант;

Морданов Андрей Олегович, студент

Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

Предлагается способ расчета на прочность протяженных оболочечных конструкций с неосесимметричной формой поперечного сечения. На основе разработанных методик создана программа расчета таких конструкций применительно к волноводам антенно-фидерных устройств космических аппаратов связи.

Ключевые слова: оболочка, пластина тонкостенные элементы, неосесимметричное поперечное сечение, прочность, напряженно-деформированное состояние, программа расчета.

Введение

В машиностроении широко распространены протяженные оболочечные конструкции с неосесимметричной формой поперечного сечения, поскольку они выгодно сочетают в себе легкость, прочность и технологичность.

При расчете на прочность подобных конструкций обычно используется их упрощенную модель в виде одномерных стержневых элементов, имеющих эквивалентные геометрические, инерциальные характеристики и нагрузки. Такой подход неизбежно огрубляет решение, поскольку не учитывает локальные эффекты от различных геометрических и физических неоднородностей конструкции.

Повышение точности расчета протяженных оболочечных конструкций с неосесимметричной формой поперечного сечения возможно путем увеличения размерности модели конструкции с использованием теории пластин и оболочек. При этом неосесимметричность поперечного сечения существенно усложняет расчет, поскольку такая конструктивная особенность делает невозможным использование одной системы дифференциальных уравнений теории оболочек для описания напряженно-деформированного состояния (НДС) всей конструкции [1]. Современная теория оболочек требует, чтобы геометрию конструкции можно было описать двумя непрерывными и гладкими функциями радиусов кривизны в двух ортогональных плоскостях. В случае протяженных тон-

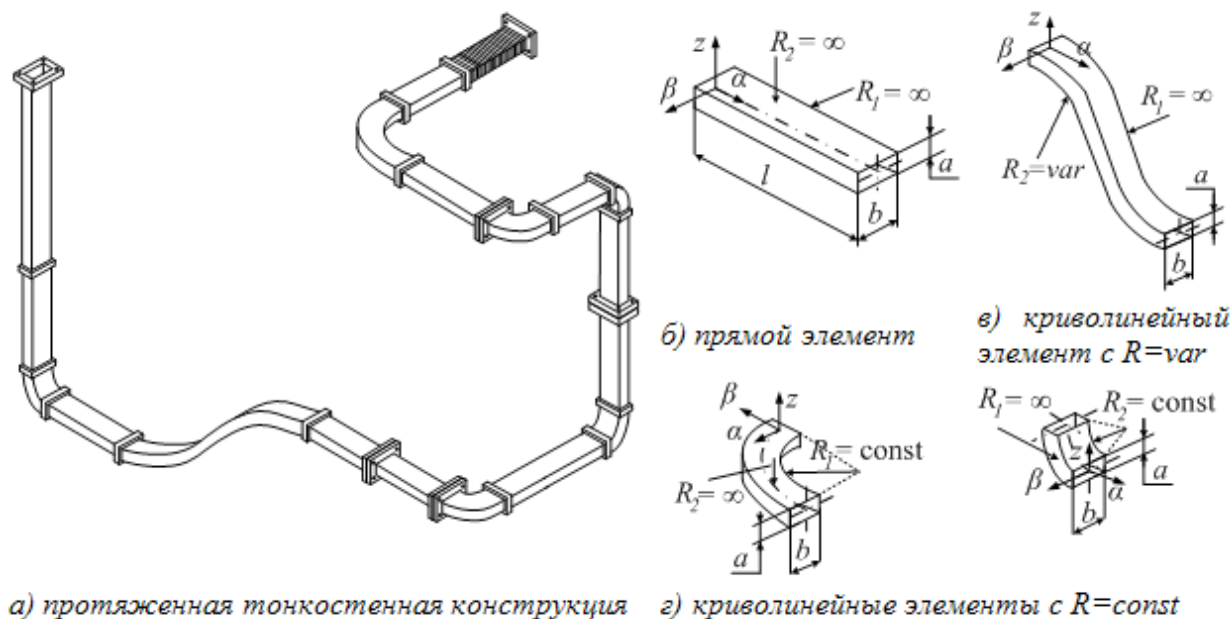


Рис. 1. Пример протяженной тонкостенной конструкции и ее элементов с неосесимметричной формой поперечного сечения

костенных конструкций неосесимметричного сечения со складками функция радиуса кривизны, описывающая геометрию поперечного сечения, будет претерпевать разрывы в складках формы.

Выходом из данной ситуации может являться разбиение геометрии конструкции на k отдельных элементов неосесимметричного сечения, каждый из которых требуется дополнительно разбить на n отдельных геометрических подобластей, которые возможно описать своей системой из 5 дифференциальных уравнений теории оболочек [1,2].

Однако в результате такого подхода, для расчета на прочность исследуемой протяженной тонкостенной конструкции неосесимметричного сечения со складками потребуется решить систему из $5nk$ дифференциальных уравнений равновесия с соответствующими условиями совместности деформирования отдельных геометрических подобластей и элементов между собой, а также граничными условиями по их краям.

Получить решение такой сложной системы дифференциальных уравнений весьма сложно даже используя метод конечных элементов в известных ППП (ANSYS, NASTRAN и др.). Например, для определения значений напряжений по толщине паяного шва ($0,1 \div 0,15$ мм) между элементами необходимо задать минимум два конечных элемента, что требует очень мелкой сетки разбиения. Учитывая большое количество паяных швов в конструкции ВРС и ее протяженность, такой подход неизбежно приводит к остановке расчета после исчерпания ресурсов ЭВМ из-за чрезмерно большого количества элементов.

Обоснование предлагаемого подхода

Для выхода из этой ситуации и обоснования предлагаемой методики расчета протяженных тонкостенных конструкций, проведены исследования по оценке статического и динамического состояния этих конструкций методом конечных элементов в ППП Ansys. Для тонкостенных элементов прямоугольного поперечного сечения (рис. 1,б-г) варьировались значения всех их размеров a , b , l , h , R и условий закрепления (рис. 3).

Размеры прямого элемента (рис. 1,б) варьировались в следующих пределах: поперечное сечение принималось из ряда типоразмеров $a \times b$ таким образом, что при $b > a$, $b/a \approx 1...4$, при этом длина элемента изменялась $l = (1...100)b$, а толщина стенки h бралась такой, что $h = (0,02...0,13) a$.

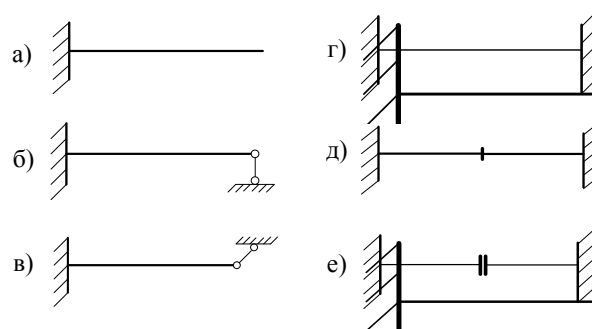


Рис. 2. Условия закрепления элемента

Дополнительно варьировалось: количество и тип конечных элементов (плоские, оболочечные, объемные), функция формы (линейная и квадратичная).

По полученным результатам расчета построены диаграммы, позволяющие оценивать вклад каждого варьируемого параметра на статическое и динамическое поведение прямого элемента. Результаты расчетов показали, что при длине относительно малой длине элемента ($l < (5 \div 6)b$), его поведение в целом определяется соотношением инерциальных и жесткостных характеристик каждой из составляющих пластин.

Наглядно это можно показать на примере первых собственных частот и форм колебаний, которые также зависят и от толщины h каждой из пластин (рис. 3).

Установлено, что при $l \approx (5 \div 6)b$ состояние прямого элемента, оказывается сильно зависящим от толщины стенки прямого элемента, типа конечного элемента и корректности построения КЭ-сетки. Выявлено, что при $l > (5 \div 6)b$ и $h \geq 0,1a$ для прямого элемента его статическое и динамическое состояние практически не отличается от поведения стержня с эквивалентными ха-

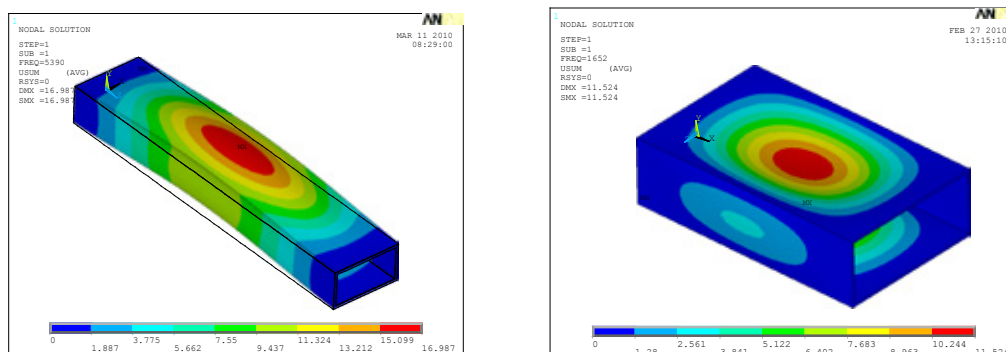
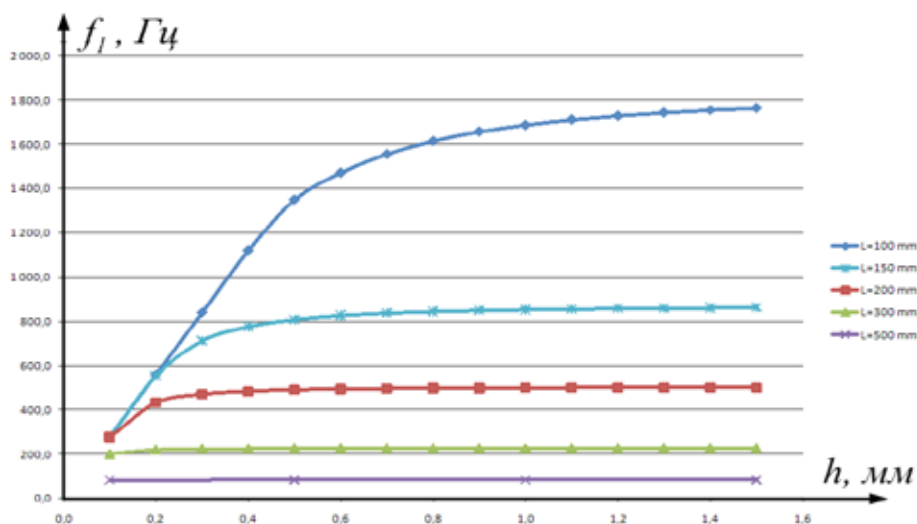
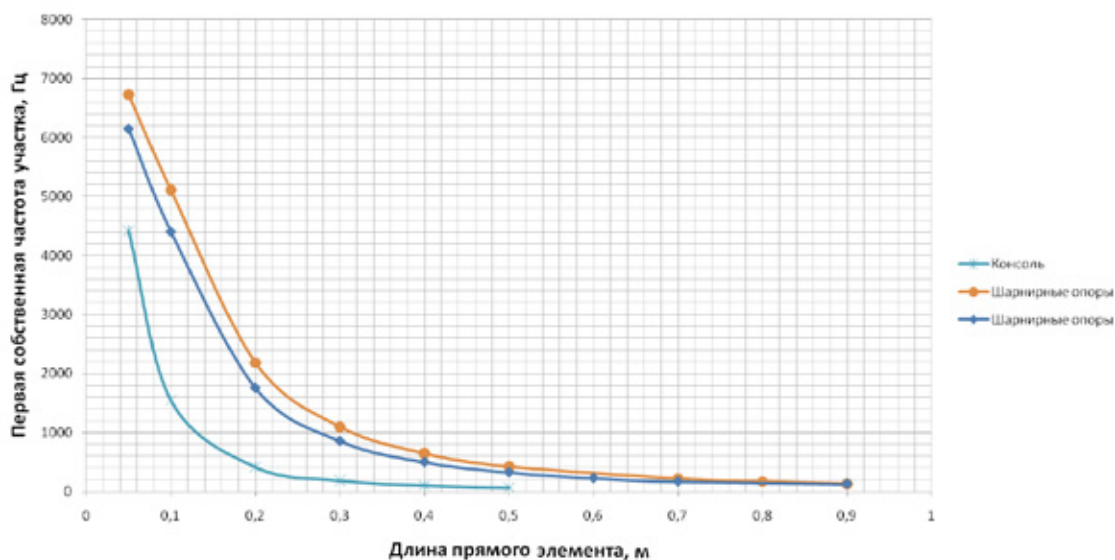


Рис. 3. Влияние типоразмера прямого элемента $a \times b$ одной длины на форму колебания

Рис. 4. Влияние толщины стенки h на значение первой собственной частотыРис. 5. Влияние длины l прямого элемента и вида закрепления на 1-ю частоту колебаний

рактическими. Например, на рис. 4 показано, что при увеличении длины элемента $l > (5 \div 6)b$, изменение его толщины также практически не оказывает влияния на его первую собственную частоту колебаний f_1 . Это можно объяснить тем, что при такой длине прямого элемента, он эквивалентен стержню, для которого толщина стенки играет второстепенную роль по сравнению с формой поперечного сечения.

При больших длинах прямого элемента, на его статическое и динамическое состояние практически не оказывает влияние и некоторая вариация условий закрепления (рис. 5).

Это можно объяснить тем, что согласно принципу Сен-Венана способ закрепления прямого элемента будет оказывать влияние только на локальное поведение вблизи опор.

Вариация числа конечных элементов, на которое разбивалась геометрия прямых элементов, показала, что большое количество конечных элементов не приводит к существенным поправкам решения при определении собственных частот и форм колебаний. Например, при увеличении числа конечных элементов в 12,5 раз (с 5 730 до 71 172) разница в результатах составила всего 2% при гораздо больших затратах времени и ресурсов ЭВМ.

Исследования криволинейных тонкостенных элементов (рис. 1, в, г) показали, что их статическое и динамическое поведение имеет те же особенности, что и у прямолинейных элементов. Однако жесткость криволинейных элементов значительно выше, чем у прямолинейных элементов, поэтому общее поведение исследуемой конструкции будет в основном определяться состоянием прямолинейных участков, входящих в их состав.

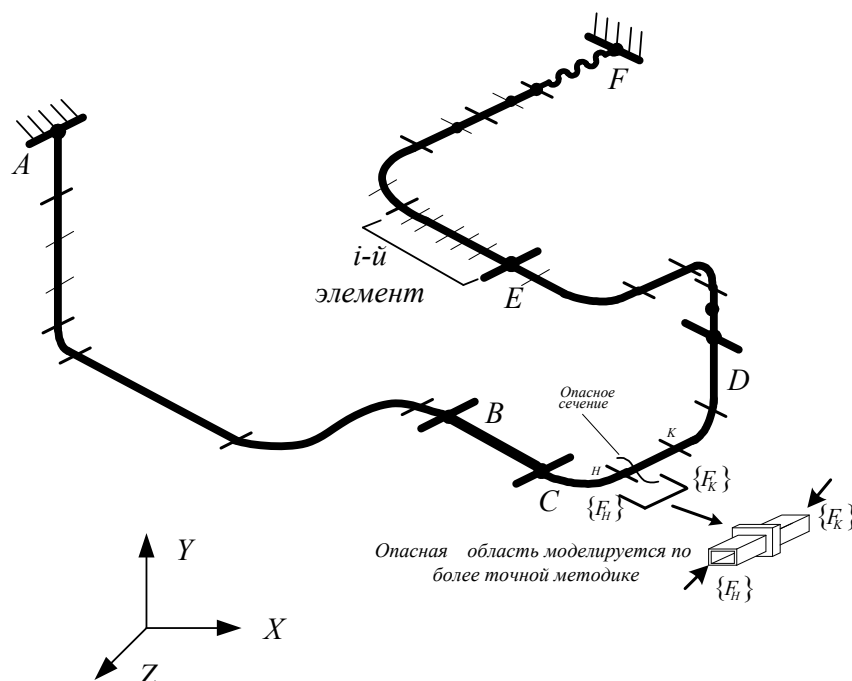


Рис. 6. Стержневая модель протяженной тонкостенной конструкции

Способ решения задачи

Проведенные исследования статического и динамического поведения прямых и криволинейных элементов протяженных тонкостенных конструкций позволили обосновать следующие допущения:

При длине протяженной оболочечной конструкции в 5–6 раз превышающей характерный размер поперечного сечения, ее общее статическое и динамическое поведение практически не отличается от НДС эквивалентной ей стержневой конструкции;

Незначительный размер различных подкрепляющих муфт и фланцев в направлении длины протяженной тонкостенной конструкции не вносит значимой погрешности в общее решение.

Принимая данные допущения, решение задачи расчета на прочность протяженных тонкостенных конструкций с неосесимметричной формой поперечного сечения предлагается выполнять в два этапа:

На первом этапе, исследуемая протяженная тонкостенная конструкция моделируется как пространственная стержневая система. Расчет стержневой пространственной конструкции можно выполнять известными методами строительной механики.

На втором этапе, после расчета стержневой модели исследуемой конструкции, выделяется интересующий локальный участок, по краям которого определяются граничные условия в виде внутренних силовых и/или деформационных факторов. Найденные граничные значения прикладываются к аналогичному участку, но смоделированному по более точной теории пластин и оболочек и рассчитывается его НДС.

Расчет стержневой модели

Полная система дифференциальных уравнений равновесия стержневой пространственной конструкции в готовом виде, будет иметь вид [3,4]:

$$\left. \begin{aligned} [A]\{Q\} + \{P\} &= 0; \\ [A]^T\{W\} + \{\Delta\} &= 0; \\ [B]\{Q\} &= \{\Delta\}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где

$[A]$ — матрица коэффициентов уравнений равновесия;

$[B]$ — матрица податливостей;

$\{Q\}$ — вектор внутренних усилий;

$\{P\}$ — вектор внешних сил;

$\{W\}$ — вектор перемещения узлов стержневой конструкции;

$\{\Delta\}$ — вектор деформации отдельных стержней.

В системе (1) первое выражения является уравнением статического равновесия, второе уравнение выражает условия совместности деформаций, а последнее выражение является записью закона Гука для отдельных стержней.

Число стержней выбирается исходя из требуемой точности расчета и условий нагружения и может значительно превышать число элементов исследуемой протяженной конструкции.

В отдельных местах протяженной тонкостенной конструкции, соответствующих краям стержней (точки «н» и «к» на рис. 6), можно задавать условия нагружения и

закрепления путем задания известных значений компонентов вектора перемещения $\{W\}$ и компонентов вектора внешних усилий $\{P\}$. Неизвестными в системе (1) являются внутренние усилия $\{Q\}$ и перемещения $\{W\}$ в тех точках конструкции, где они будут создавать критическое напряженное состояние. Исключив вектор $\{\Delta\}$ и подставив третье уравнение системы (1) во второе, получим систему уравнений смешанного метода, в котором неизвестными являются как усилия $\{Q\}$, так и перемещения $\{W\}$:

$$\left. \begin{aligned} [B]\{Q\} + [A]^T\{W\} &= 0; \\ [A]\{Q\} + \{P\} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

В системе дифференциальных уравнений (2) первое уравнение является уравнением совместности, а второе — уравнением равновесия. Для решения системы (2) в общем случае можно использовать метод перемещений, либо метод сил. При использовании метода сил необходимо решать две системы: одну для определения усилий в основной системе и вторую для раскрытия статической неопределимости. А в методе перемещений участвует только одна система линейных уравнений, причем матрица этой системы является симметричной и положительно определенной. За счет симметрии, и в целях экономии, в памяти ЭВМ можно хранить только половину матрицы, включая главную диагональ, и как следствие, поэтому целесообразно использовать метод перемещений.

Для расчета необходимо построить две матрицы — $[A]$ и $[B]$. Матрица $[A]$ составляется из коэффициентов уравнений равновесия отдельных стержней, а матрица $[B]$ имеет квазидиагональную структуру и строится по матрицам податливостей отдельных стержней.

Исключим из системы (2) вектор внутренних усилий $\{Q\}$. Решая первое уравнение системы (2) относительно $\{Q\}$, получим:

$$\{Q\} = -[B]^{-1}[A]^T\{W\} - [B]^{-1}\{\Delta_0\}. \quad (3)$$

Подставляем (3) во второе уравнение системы (2) и получаем систему уравнений метода перемещений:

$$\begin{aligned} [A][B]^{-1}[A]^T\{W\} - \{P\} &= 0 \quad \text{или} \\ [A][B]^{-1}[A]^T\{W\} &= \{P\}. \end{aligned} \quad (5)$$

При составлении программы расчета на ЭВМ используется поэлементный подход. Матрицы $[A]$ и $[B]$ строятся автоматически по отдельным элементам (стержням). Матрица $[A]$ строится по столбцам, каждый из столбцов соответствует одному элементу. Матрицы $[A]$ и $[B]$ строятся в локальной системе координат каждого соответствующего элемента и приобретают индекс i . Однако при рассмотрении участка ВРС систему дифференциальных уравнений (2) необходимо использовать применительно к глобальной системе координат. Поэтому необходимо построить матрицы в локальных системах координат каждого элемента или стержня, а для составления глобальной

системы уравнений их необходимо представить в глобальной системе координат XYZ.

Предлагаемым способом, можно моделировать и получать решения для протяженных тонкостенных конструкций любой сложности и протяженности.

Локальная система уравнений метода перемещения в локальных координатах одного i -го элемента имеет вид:

$$[A_i][B_i]^{-1}[A_i]^T\{W_i\} = \{P_i\}. \quad (6)$$

Применение поэлементного подхода требует построения матрицы локальной жесткости элемента $[R_i]$ и глобальной матрицы жесткости всей конструкции $[R]$.

Матрица локальной жесткости отдельного i -го стержня имеет вид

$$[R_i] = [A_i][B_i]^{-1}[A_i]^T \quad (7)$$

и глобальной жесткости:

$$[R] = [A][B]^{-1}[A]^T. \quad (8)$$

С учетом полученных матриц жесткости (7) и (8), локальная и глобальная системы уравнений метода перемещения примут вид:

$$[R_i]\{W_i\} = \{P_i\}; \quad (9)$$

$$[R]\{W\} = \{P\}. \quad (10)$$

Решая систему (10) методом Холецкого, получим вектор перемещений узлов $\{W\}$ в глобальной системе координат XYZ и $\{W_i\}$ в локальных системах координат стержней.

Подставляя вектор $\{W\}$ (и, следовательно $\{W_i\}$) в полную систему уравнений (1), определяем вектора усилий в рассматриваемом сечении i -го стержня:

$$\{Q_i\} = [B_i][A_i]^T\{W_i\}. \quad (11)$$

По полученным усилиям можно построить эпюры внутренних силовых факторов во всех стержнях протяженной тонкостенной конструкции и далее, по известным теориям прочности определить опасное сечение. По приведенным здесь методикам было создано программное обеспечение, которое позволяет рассчитывать на прочность любые стержневые конструкции и выделять локальные участки для уточненного расчета с определением граничных условий по их краям.

Пример расчета в разработанном нами ПО показан на рис. 7. Сравнение результатов расчетов протяженной тонкостенной конструкции как стержневой системы в разработанной нами программе с результатами расчета в ППП ANSYS показало, что они отличаются не более чем на 1÷2%.

Расчет выделенного локального участка

В окрестности найденного опасного сечения будет сложное объемное напряженное состояние, определить которое весьма трудно. Однако, согласно принципа Сен-

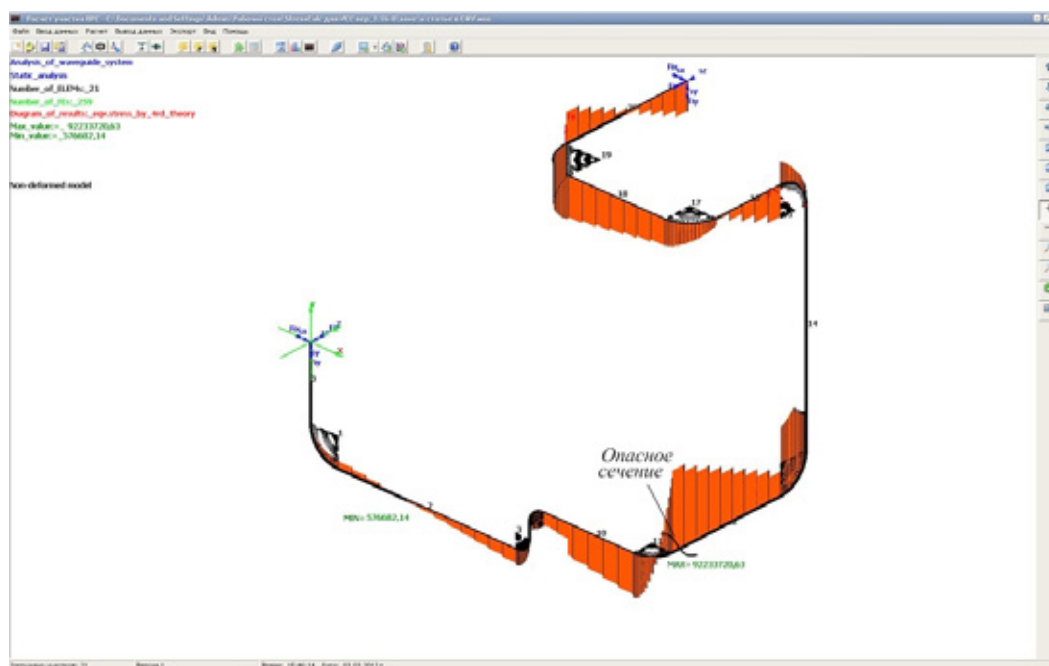


Рис. 7. Пример расчета стержневой модели протяженной тонкостенной конструкции

Венана, данное явление имеет локальный эффект, поэтому выделенный участок должен иметь достаточную длину, чтобы исключить влияние краевых эффектов на НДС в исследуемом сечении. Согласно выполненным нами исследованиям, эта длина должна составлять 5–6 характерных размеров сечения. К краям выделенного участка прикладываются найденные ранее вектора усилий $\{Q_i\}$ и перемещений $\{W_i\}$.

Расчет выделенного локального участка протяженной тонкостенной конструкции может выполняться различными способами.

Наиболее простым вариантом является получение решения методом конечных элементов в одном из распространенных ППП ANSYS (NASTRAN или др.). Учитывая малую размерность локального участка по сравнению с габаритами всей протяженной тонкостенной конструкции, его расчет потребует немного ресурсов используемой ЭВМ. Это позволяет максимально точно воспроизвести геометрию выделенного участка, использовать достаточно мелкую сетку конечных элементов (КЭ), применять твердотельные КЭ, повысить порядок аппроксимирующей функции формы и т.д., то есть использовать все средства используемого ППП для получения наиболее достоверного варианта решения.

Нами был опробован данный вариант решения задачи для выделенного локального участка, результаты расчета показаны на рис. 8. Для расчета паяного шва были использованы 10-узловые тетраэдные КЭ с уточненной квадратичной функцией формы (рис. 8, а).

В результате расчета напряжений в паяном шве фланца с прямым элементом участка на действие продольного усилия, соответствующего нагрузке, при которой происходит разрушение основного материала тон-

костенного стержня, получена картина напряжений (рис. 4, б), позволяющая определить опасные точки и коэффициенты концентрации напряжений.

Полученные результаты численного расчета показали, что максимальные напряжения возникают в области перехода от катета паяного шва к тонкостенному прямому элементу.

Применение аналитических способов расчета выделенного локального участка протяженной тонкостенной конструкции затруднено несколькими факторами. Наиболее важным является неосесимметричность поперечного сечения, которая вынуждает разбивать выделенный фрагмент протяженной конструкции на несколько подобластей и решать совместную задачу их нагружения и деформирования. С математической точки зрения это означает, что необходимо совместно решать несколько систем дифференциальных уравнений в частных производных с одновременным выполнением всех граничных условий.

Как правило, решить такую задачу аналитическим путем весьма затруднительно. Однако, в нашем случае, имеются некоторые предпосылки, упрощающие процесс получения аналитического решения.

Во-первых, можно принять, что выделяемый участок всегда будет свободен от промежуточных муфт, фланцев, промежуточных опор и нагружений и др., т.е. представляет собой только тонкостенный участок с нагружением только по своим краям.

Во-вторых, при выделении локального участка из рассчитанной стержневой модели, его условия нагружения по краям будут иметь достаточно ограниченный вид, поскольку в стержне для общего случая нагружения могут возникать только 6 внутренних силовых факторов: 3 силовых и 3 моментных. Поэтому достаточно рассмотреть

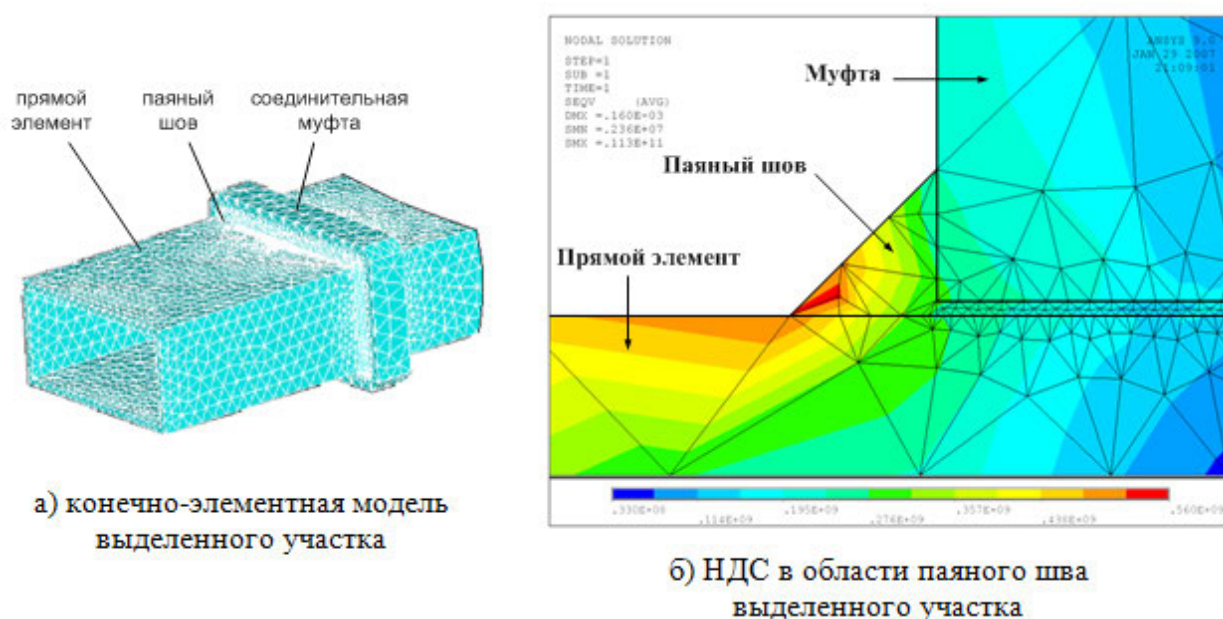


Рис. 8. КЭ-модель и напряженное состояние выделенного участка

указанные случаи нагрузок, а при общем случае нагружения производить расчет выделенного участка согласно принципу суперпозиции.

Заключение

Проведенные исследования позволили обосновать предложенный общий метод расчета любых протяженных тонкостенных конструкций с неосесимметричной формой поперечного сечения.

Разработанное сопровождающее ПО позволяют рас-

считывать на прочность стержневую модель исследуемой протяженной тонкостенной конструкции и выделять локальные участки с соответствующими граничными условиями для уточненного расчета.

Расчет выделенного участка можно проводить численными методами, например МКЭ в ППП Ansys, Nastran и др. или для исследуемой конструкции разработать аналитически метод на основе теории пластин и оболочек.

Нами проводятся дальнейшие исследования, направленные на получение точного аналитического решения данной задачи.

Литература:

1. Новожилов В.В. Линейная теория тонких оболочек. Л.: «Политехника». 1991. 656 с.
2. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластинки и оболочки // М.: Эдиториал УРСС, пер. с англ. изд.3, 2009. 640 с.
3. Przemieniecki J.S. Theory of Matrix Structural Analysis // McGraw-Hill, New York. 2010. P. 480.
4. Галанин М.П. Методы численного анализа математических моделей // М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 591 с.

Основные аспекты получения функциональных продуктов питания

Микрюкова Надежда Владимировна, старший преподаватель
Челябинский институт (филиал) Российского государственного торгово-экономического института

Целью государственной политики в области здорового питания населения России является сохранение и укрепление здоровья населения, профилактика заболеваний, в том числе обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием детей и взрослых. Среди задач реализации Государственной политики можно вы-

делить некоторые, имеющие отношение к разработке, производству и реализации продуктов функционального назначения:

— производство внутри страны основных видов продовольственного сырья и пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям качества и безопасности, со-

здающих продовольственную безопасность страны;

- разработка и внедрение в сельское хозяйство и пищевую промышленность инновационных технологий, включая био- и нанотехнологии;

- развитие отечественного производства специализированных продуктов детского питания, функциональных пищевых продуктов, диетических (лечебных и профилактических) продуктов для детей и взрослых, в том числе для организованных коллективов, а также биологически активных добавок к пище. [3]

Функциональные продукты — это особая группа пищевых продуктов, которая должна отвечать определенным требованиям, в частности, содержать от 10 до 50 % от суточной нормы потребления физиологически функциональных ингредиентов. Научное обоснование и подбор основного сырья и функциональных ингредиентов имеют первостепенное значение при разработке функциональных продуктов. При этом необходимо учитывать функциональную направленность продукта. Например, в регионах с повышенным фоном радиоактивного загрязнения важную роль в питании населения играют пищевые продукты, обогащенные йодсодержащими добавками. На потребительском рынке таких регионов должны преобладать пищевые продукты ежедневного спроса, обогащенные этим микроэлементом. [1]

Выделяют несколько основных видов функциональных ингредиентов, придающих продуктам позитивного питания функциональные свойства: пищевые волокна (растворимые и нерастворимые); витамины (А, группа В, D и т.д.); минеральные вещества (такие, как кальций, железо); полиненасыщенные жиры (растительные масла, рыбий жир, омега-3-жирные кислоты); антиоксиданты: бета-каротин и витамины (аскорбиновая кислота — витамин С и альфа-токоферол — витамин Е); олигосахариды (как субстрат для полезных бактерий); группа, включающая микроэлементы, лактобактерии, бифидобактерии, пребиотики, пробиотики, симбиотики и другие.

Учитывая особенности состава и свойств функциональных пищевых продуктов по сравнению с традиционными, с учетом технологической специфики можно выделить три основные категории функциональных продуктов:

- традиционные продукты, содержащие в нативном виде значительные количества физиологически функциональных ингредиентов или их группы;

- традиционные продукты, в которых технологически понижено содержание вредных для здоровья компонентов, присутствие которых в продукте препятствует проявлению биологической и физиологической активности или биоусвояемости входящих в его состав функциональных ингредиентов (технологический прием — избирательное извлечение, разрушение, частичная или полная замена вредных для здоровья ингредиентов другими более ценными);

- традиционные продукты, дополнительно обогащенные функциональными ингредиентами с помощью различных технологических приемов.

Рынок продуктов функционального питания стремительно формируется в России. Условно продукты функционального назначения на российском рынке представлены четырьмя группами: продукты на основе зерновых (в т.ч. хлебобулочные и кондитерские изделия), безалкогольные напитки, молочные продукты и продукты масложировой отрасли. Критериями обогащения хлебобулочных изделий являются зерновой состав («8 злаков», «Воскресный», «Самарские хлебцы», «Бурже»), добавление отрубей («Сувита», «Целебный»), семян подсолнечника, льна и сои. Различают также йодированный и витаминизированный хлеб. Сухие завтраки обогащают витаминами, минералами, клетчаткой и отрубями, что очень полезно для профилактики и нормализации деятельности желудочно-кишечного тракта и повышает питательную ценность продукта. Среди кондитерских изделий выделяются продукты на натуральных сахарозаменителях, имеющие диабетический характер, а также продукты с витаминами и фруктовыми добавками. В области масложировых продуктов с функциональными свойствами ученые и производители в настоящее время пошли по пути создания ассортимента комбинированных (облегченных) масел и низкожирных маргаринов и майонезов с функциональными ингредиентами. Безалкогольные напитки, в том числе соки, сокодержателем являются морсы, квасы, чаи, содержащие функциональные ингредиенты, органично вошли в жизнь россиян. Спрос на них среди основных групп населения увеличивается. Особое внимание специалисты пищевой промышленности обращают на выпуск продуктов детского питания. В соответствии с требованиями современной медицинской науки эти продукты должны быть обогащены витаминами и минеральными веществами, к ним относят широко известные продукты «Малыш», «Малютка», «Малютка Истринская», «Бебелак», «Бебелак-2», «Бебелак Соя». Для питания детей дошкольного и школьного возраста производители рекомендуют хрустящие кукурузные хлопья, обогащенные 8 витаминами и железом, компании Nestle, а также быстрорастворимый шоколадный напиток «Несквик», для больных диабетом — печенье с фруктовой начинкой, обогащенное витаминами А, С, Е, В6, пантотеновой кислотой, минеральными веществами — железом, магнием и цинком, производимое французской компанией Nutrition&Sante. [4]

Таким образом, обогащению, прежде всего, подвергают продукты массового потребления, доступные всем группам детского и взрослого населения и регулярно используемые в повседневном питании. Технология получения этих продуктов разнообразна и отличается как сырьем, технологическими процессами, так и оборудованием. Следовательно, способы обогащения данных продуктов не могут быть одинаковыми, а должны соответствовать и быть применимыми для конкретной технологии производства.

Вторым моментом при выборе способа обогащения служит сам обогащающий компонент, его консистенция

и количество (сухая смесь, жировая смесь, готовый премикс, растительное сырье, белковое и др.). Одни технологии предполагают термическую обработку продукции, другие растворение, третьи механическое смешивание.

При обогащении пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами, экстрактами растительных препаратов, молочными продуктами, пектинами и др. добавками необходимо учитывать гармонизацию между собой и с компонентами самого продукта. Поэтому необходимо выбирать такие их сочетания, формы, способы и стадии внесения, которые обеспечат им максимальную сохранность в процессе производства и хранения.

В настоящее время для каждого вида пищевого продукта разработаны наиболее эффективные технологии обогащения: выбраны стабильные формы витаминов, определены способы и стадии их внесения в пищевые массы.

Технология обогащения пищевых продуктов предполагает использование:

- готовых витаминно-минеральных премиксов или смесей, например, таких как «Амитон», «Фортамин», «Флагман» для обогащения муки и хлебобулочных и мучных кондитерских изделий;
- однокомпонентных препаратов витаминов и минеральных веществ (например, железо семиводное водорастворимое, йодат калия, аскорбиновая кислота и др.);
- применение экстрактов лекарственных трав для производства продуктов лечебно-профилактического назначения;
- использование белковых препаратов;
- использование структурообразователей природного происхождения (пектин, каррагинан, хитозан) в производстве пастильно-мармеладных изделий;
- использование местного растительного сырья, богатого биологически активными веществами в производстве кондитерских, хлебобулочных изделий и пищевых концентратов;

— использование композитных смесей для производства мучных кондитерских изделий. Например, многокомпонентная смесь для обогащения сахарного печенья — это порошкообразный продукт, состоящий из разных полуфабрикатов из плодов шиповника, абрикоса, черноплодной рябины, ягод клюквы. Смесь служит для обогащения изделий витаминами, микроэлементами, пищевыми волокнами;

— использование новых типов пектина для производства лечебно-профилактических продуктов с целью выведения из организма токсичных материалов и радионуклидов;

— использование йодированных дрожжей для производства хлеба и хлебобулочных изделий и др.

В зависимости от того, какой препарат или компонент используется для обогащения и какими свойствами он обладает, выбирают технологию его применения.

Технология обогащения пищевых продуктов микронутриентами в основном базируется на процессе смешивания. Поскольку микронутриенты являются минорными компонентами рецептурной массы, основная проблема заключается в равномерном распределении микроколичеств добавки по массе обогащаемого продукта. В зависимости от вида технологического процесса производства пищевых продуктов разработаны различные технологии внесения микродобавок (готовых премиксов, смесей витаминов и минеральных веществ, экстрактов лекарственных трав или препаратов растительного происхождения). [2]

В последние годы при разработке рецептур используют различные методы компьютерного проектирования, позволяющие получить функциональные продукты с заданным химическим составом профилактической направленности, предназначенные для определенных категорий потребителей. Необходимое условие на этом этапе — разработка математических моделей, алгоритмов и текстов программ оптимизации состава основного сырья и физиологически функциональных ингредиентов.

Литература:

1. Евдокимова, О.В., Лаврушина, Е.В. Концепция формирования инновационной деятельности при производстве функциональных продуктов питания [Текст] / О.В. Евдокимова, Е.В. Лаврушина // Пищевая промышленность. — 2009. — №3.
2. Резниченко, И.Ю. Теоретические и практические аспекты разработки кондитерских изделий и пищевых концентратов функционального назначения [Текст]: дис.... докт. техн. наук: 05.18.15 / Резниченко Ирина Юрьевна. — Кемерово, 2008. — 418 с. — Библиогр.: С. 15—25
3. Ремизов, С.В. Маюрникова, Л.В. Процесс создания и производства функциональных продуктов питания в условиях малых инновационных предприятий [Текст] / С.В. Ремизов, Л.В. Маюрникова // Ползуновский альманах. — 2011. — №4/2. — С. 63—66
4. Рожина, Н.В. Развитие производства функциональных пищевых продуктов [Электронный ресурс] / Переработка молока // <http://www.milkbranch.ru>

Исследование работы механизма свободного хода бесступенчатой передачи

Мохова Ольга Григорьевна, аспирант
Волгоградский государственный технический университет

Вариаторы, отличаясь простотой конструкции, бесступенчатым регулированием находят применение в автоматических и ручных приводах технологических машин. Появление новых материалов и технологий позволили значительно повысить показатели качества конструкций, что привело к бурному развитию вариаторостроения во всем мире [1]. Значительное количество существующих конструкций, элементов и протекающих процессов, требуют создания и исследований новой информационной универсальной среды, интегрирующейся в современные технологии проектирования и производства [2]. Для целого ряда машин применение механических бесступенчатых приводов является наиболее простым способом совершенствования их технико-экономических показателей.

Под бесступенчатой передачей понимается механизм для плавного изменения передаточного числа, т.е. отношения частоты вращения ведущего звена к частоте вращения ведомого. Бесступенчатая передача — часть вариатора, который состоит из одной или нескольких бесступенчатых передач и устройств, обеспечивающих их функционирование [3]. Применение бесступенчатых приводов машин позволяет обеспечить плавное изменение их скоростных параметров, что является одним из эффективных способов повышения производительности труда и выпуска качественной продукции. Бесступенчатые фрикционные передачи относятся к передаточным механизмам машин и служат для трансформации механической энергии по частоте вращения и передаваемым усилиям. Располагаются они, как правило, в приводе машин между двигателем и ее исполнительными органами. Фрикционным передачам по сравнению с другими видами передач присущ ряд достоинств: они позволяют легко и в широком диапазоне осуществлять бесступенчатое регулирование скорости, содержат простые по форме тела качения, обеспечивают равномерность вращения при высоких скоростях, обладают высоким КПД.

В передачах периодического действия ведомое звено получает движение импульсами. При таких передачах в них и приводимых ими в движение системах имеют место инерционные воздействия, снижающие долговечность элементов машин. Этот недостаток импульсных передач ограничивает их распространение, хотя конструктивно они просты. Импульсные вариаторы отличаются компактностью на единицу мощности, широким диапазоном регулирования частотно-амплитудных характеристик, могут быть автоматическими без каких-либо дополнительных устройств, имеют возможность совмещать в себе функции редуктора и устройства для предохранения от перегрузок. Импульсную механическую передачу можно представить как механический генератор колебаний с регулируемой

амплитудой с механизмом свободного хода (МСХ), позволяющим преобразовывать колебательное движение ведомого вала в однонаправленное.

В последние годы существенно возрос интерес к импульсным передачам, обеспечивающим бесступенчатое регулирование скорости в приводах технологических машин. Обычно вращательное движение ведущего вала у этих передач преобразуется в колебательное движение, которое с помощью МСХ вновь трансформируется во вращательное движение, но уже ведомого вала. Механизм, преобразующий вращательное движение ведущего вала передачи в колебательное движение звена, жестко связанного с ведущим звеном МСХ, называют преобразующим механизмом. В качестве преобразующих механизмов в импульсных передачах применяют различные рычажные, зубчато-рычажные и кулачковые механизмы.

Условно представим преобразующий механизм в виде четырехзвенника. Синтез механизма шарнирного четырехзвенника в общем случае заключается в определении значений основных линейных размеров его звеньев l_1, l_2, l_3, l_0 и значения угловой координаты φ_1 , определяющей положение кривошипа при синтезе (рис. 1).

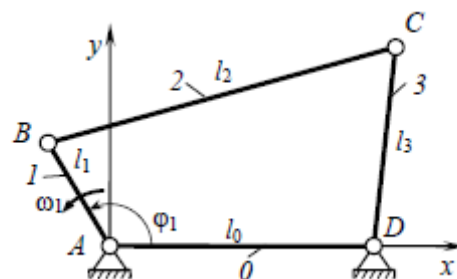


Рис. 1. Параметры четырехзвенника

Динамика работы МСХ вносит существенные особенности в работу передачи. Работа МСХ можно разделить на четыре фазы: включение, включенное состояние, выключение, выключенное состояние. Переход к каждой фазе обусловлен конструкцией, показателями точности, материалами, рабочей средой и сочетанием прочих условий работы механизма. Каждая последующая фаза зависит от предыдущей. Поведение и свойства вариатора в автоматической системе не являются суммой свойств отдельных компонент. Задача управления сводится к построению решающего правила. Предлагается для построения решения по управлению использовать парадигму ситуационного управления [4]. Разработанные математические модели позволили исследовать ряд кинематических и динамических процессов. При переходном режиме

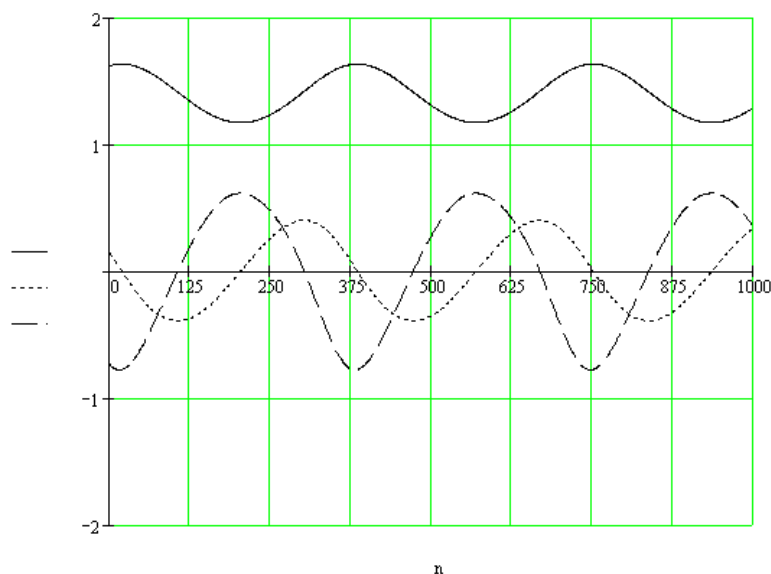


Рис. 2. Кинематические характеристики преобразующего механизма

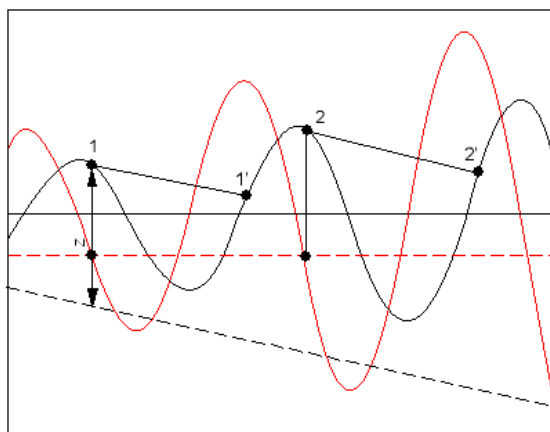


Рис. 3. Построение динамической характеристики выходного вала преобразующего механизма

работы механизма свободного хода наблюдается неравномерность работы за счет импульсного характера движения. На рис. 2 показаны зависимости движения преобразующего механизма.

На основе решения уравнений графоаналитическим методом построен алгоритм движения выходного вала преобразующего механизма (рис. 3):

если $\ddot{\phi}_{i+1} \leq \varepsilon_i < \ddot{\phi}_i$, то $z = \dot{\phi}_i - a_i$; иначе $x_i = \dot{\phi}_i$;
 если $z \neq 0$, то $x_i = a_i + z$;
 если $\dot{\phi}_i \leq x_i < \dot{\phi}_{i+1}$ и $a_i < a_{i+1}$, то $z = 0$;
 если $x_i < 0$, то $x_i = 0$.

Для планирования заданного движения системы необходимо решить обратную задачу о положении механизма. Суть данной задачи состоит в определении требуемых перемещений звеньев системы по заданному закону движения рабочего органа. Для этого проведено исследование динамики работы преобразующего механизма, построены кинематические характеристики преобразующего механизма при неизменном и увеличивающемся эксцентриситете. В соответствии с логикой включения и выключения механизма свободного хода построена динамическая характеристика.

Литература:

1. Карабань, В.Г. Использование экспертных систем и искусственных нейронных сетей при информационном сопровождении стадии проектирования бесступенчатых передач приводов технологических машин / В.Г. Карабань, О.Г. Максимова // Изв. ВолгГТУ. Серия «Прогрессивные технологии в машиностроении». Вып. 5: межвуз. сб. науч. ст. / ВолгГТУ. — Волгоград, 2009. — №8. — С. 90–92.

2. Карабань, В.Г. Использование CBR-систем для оценки качества механизмов свободного хода импульсных вариаторов / В.Г. Карабань, О.Г. Мохова // Инновационные технологии в обучении и производстве: матер. VI всерос. науч.-практ. конф., г. Камышин, 15–16 дек. 2009 г. В 6 т.Т. 3 / ГОУ ВПО ВолгГТУ, КТИ (филиал) ВолгГТУ. — Волгоград, 2010. — С. 49–52.
3. Мохова, О.Г. Динамика работы механизма свободного хода импульсной бесступенчатой передачи [Электронный ресурс] / О.Г. Мохова, В.Г. Карабань // XXIII международная инновационно-ориентированная конференция молодых учёных и студ. МИКМУС-2011, Москва, 14–17 декабря 2011 г. / Ин-т машиноведения им. А.А. Благоднарова РАН. — М., 2011. — С. 120. — Режим доступа: <http://www.imash.ru/conf/mega/2011/Prec2011.pdf>.
4. Мохова, О.Г. Разработка информационной модели вариатора как сложного технического объекта / О.Г. Мохова // XXII Международная инновационно-ориентированная конференция молодых учёных и студентов (МИКМУС-2010) «Будущее машиностроения России»: сб. матер. конф. с элементами науч. Школы для молодёжи (г. Москва, 26–29 октября 2010 г.) / РАН, Ин-т машиноведения им. А.А. Благоднарова. — М., 2010. — С. 156.

Оценка вязкости гетерогенных оксидных расплавов

Некрасов Илья Владимирович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Институт металлургии Уральского отделения РАН (г. Екатеринбург)

Задача прогнозирования свойств оксидных расплавов актуальна для самых разных областей науки и технологии, например, для геофизики (магматические расплавы), некоторых процессов выращивания монокристаллов, разработки энергетических агрегатов — топок с жидким шлакоудалением. Однако возможность прогнозирования физико-химических свойств оксидных расплавов (шлаков) особенно важна для технологий металлургической отрасли.

Одним из наиболее значимых свойств шлаков является вязкость, поскольку в основе многих металлургических процессов лежат явления, зависящие от характера тепло- и массопереноса в шлаковой фазе. В производственных условиях шлаки, как правило, гетерогенны, расплав содержит в себе то или иное количество твердых частиц, оказывающих сильное влияние на вязкость. Поэтому на практике необходимую вязкость шлака получают, фактически, регулируя степень его гетерогенности. При этом используют эмпирические зависимости, отражающие только качественную сторону процесса и частные условия. Объективные трудности в описании свойств гетерогенных шлаков затрудняют разработку и применение научно обоснованных количественных зависимостей. Очевидно, это снижает возможности управляющих воздействий и эффективность технологий.

Средний химический состав гетерогенных шлаков не в полной мере характеризует их свойства. Для разработки адекватных моделей свойств необходимо иметь метод расчета распределения компонентов по фазам и количества

фаз, отражающий природу гетерогенных шлаков. Подобный метод позволит оценивать их эффективную вязкость по данным о среднем химическом составе и температуре, используя зависимости, предложенные А. Эйнштейном и Я. Френкелем для вязкости суспензий [1, с. 488].

Возможность применения уравнения Эйнштейна (1) и его модификаций к шлакам обсуждалась в исследовании [2, с. 516]:

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5\varepsilon) \quad (1)$$

где, η — вязкость суспензии, η_0 — вязкость жидкой фазы суспензии, ε — объёмная доля твёрдых частиц.

Авторы данного исследования проверили возможность использования диаграммы состояния $\text{CaO} - \text{SiO}_2 - \text{FeO}_n$ для оценки эффективной вязкости гетерогенных шлаков этой системы путём определения количества твёрдых частиц и состава жидкой фазы из геометрических построений. Известный состав жидкой фазы позволял определять её вязкость η_0 по моделям вязкости для гомогенных шлаков и рассчитать эффективную вязкость по уравнению (1) или его модификациям. Сопоставляя опытные значения вязкости гетерогенного шлака с расчётными, проверяли адекватность этих уравнений. Было отмечено удовлетворительное соответствие опытных данных и результатов расчётов по уравнению:

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5\varepsilon)^{-2,5} \quad (2)$$

Возможность использования диаграмм состояния для расчётов эффективной вязкости определяется тем, что диаграмма состояния, по сути, является диаграммой растворимости [3, с. 246]. Поэтому диаграмму состояния

можно рассматривать как «графически изображенную модель насыщения» для двух-, трёх- или, максимум, четырёхкомпонентной системы. Возможность расчета состава жидкой фазы и количества твердых частиц по диаграммам определяется тем, что известно положение линии ликвидус в координатах «состав — температура».

Очевидно, что диаграмма состояния в качестве «графически изображенной модели насыщения» менее практична, чем чисто многомерная аналитическая модель, которая позволила бы рассчитывать количество и состав фаз при равновесии с многокомпонентным расплавом при разных температурах. Методика определения количества фаз и их составов в аналитической модели может быть аналогична известной методике расчёта по диаграммам состояния, являясь её обобщением на случай многокомпонентных систем [4, с. 19].

В данной работе для оценки равновесного состава твердых и жидких фаз в шлаках предлагается использовать современный вариант полимерной модели строения шлаков [5, с. 10]. Полимерная теория строения шлака является дальнейшим развитием ионной теории. Её особенностью является учет наличия в расплаве не только простейших ионов, но также и крупных комплексных анионов, которые могут объединяться друг с другом, т.е. полимеризоваться. Причиной образования комплексных анионов является существенное различие ионных потенциалов катионов шлака, оцениваемых отношением заряда катиона к его размеру. Это различие приводит к тому, что наиболее «сильные» катионы, прежде всего, кремния, формируют вокруг себя стабильное окружение из анионов кислорода. Сила связи внутри этих комплексов больше, чем между этими анионами и окружающими катионами, что и позволяет выделять комплексы как отдельные структурные единицы расплава. Кроме того, в отличие от солевых систем простейшие анионы оксидных расплавов имеют заряд «-2», поэтому он может образовывать две связи с ближайшими катионами. Например, одну связь с катионом кремния, а другую — с катионом кальция или же обе связи с катионами кремния. В результате в зависимости от состава шлака, например, от содержания катионов кальция, возможно различное развитие процессов объединения кремнекислородных анионов (полимеризации). Исходя из учета этих процессов в полимерной модели строения оксидных расплавов рассчитывается ряд свойств шлаков и активности их компонентов.

Рассмотрим разработанный нами алгоритм прогнозирования состава и количества фаз на примере, отражающем аналогию алгоритма с методикой расчётов по диаграммам состояния (рис. 1). В точке 1, расположенной выше линии ликвидус L, исходный расплав имеет соответствующие температуру и содержание оксида MeO. Степень приближения расплава к насыщению MeO в полимерной модели оценивается по соотношению двух параметров: термодинамической активности MeO в расплаве $a_{\text{ТД}}$, являющейся функцией состава расплава, и активности насыщения MeO $a_{\text{НАС}}$, являющейся функцией температуры T [5, с. 27].

В точке 1, с соответствующей температурой T_1 , справедливо неравенство, свидетельствующее о ненасыщенности расплава MeO (рис. 1a и 1b):

$$a_{\text{ТД}} < a_{\text{НАС}} \quad (3)$$

При понижении температуры от точки 1 до точки 2 (не включая саму точку 2, лежащую на линии ликвидус L) происходит снижение $a_{\text{НАС}}$, однако $a_{\text{НАС}}$ всё ещё превышает $a_{\text{ТД}}$. В точке 2 активность насыщения MeO, определяемая температурой T_2 , достигает термодинамической активности MeO в расплаве, что свидетельствует о насыщении расплава MeO [5, с. 27]:

$$a_{\text{ТД}} = a_{\text{НАС}(T_2)} \quad (4)$$

Если и при дальнейшем снижении температуры от точки 2 до точки 3 считать, что состав исходного расплава не изменяется (не снижается содержание MeO), то $a_{\text{ТД}}$ становится выше, чем, например, $a_{\text{НАС}(T_3)}$. Это говорит о том, что однородный расплав с исходным содержанием MeO при температурах ниже ликвидуса существовать не может. Поэтому при понижении температуры ниже ликвидуса начинается выделение MeO из однородного расплава в таких количествах, чтобы при каждой температуре соблюдалось равенство $a_{\text{ТД}}$ и $a_{\text{НАС}}$, т.е. при понижении температуры от точки 2 до точки 3 изменение состава однородного расплава происходит по линии 2—4 (рис. 1a).

Если рассматривать данный пример в виде части диаграммы состояния (рис. 1a), то массовую долю кристаллов MeO и состав жидкой фазы шлака можно определить из графических построений (линия 5—3—4) — эта возможность обусловлена известным положением линии ликвидус на диаграмме. Однако наличие графически представленной линии ликвидус в координатах «состав — температура» не обязательно, поскольку линия ликвидус описывается равенством $a_{\text{ТД}}$ и $a_{\text{НАС}}$, фактически задающих эти же координаты. Поэтому положение линии ликвидус в координатах «состав — температура» может определяться расчётом (рис. 1b). Это позволяет обобщить представленный выше алгоритм для многокомпонентных шлаков, для которых не существует графически представленных диаграмм состояния — графически изображённые поверхности ликвидус равноценно заменяются уравнениями полимерной модели.

Таким образом, методика определения количества нерастворённых кристаллов и состава жидкой фазы гетерогенного шлака состоит в следующем:

- определение минимальной температуры, при которой для всех компонентов шлака термодинамические активности не превышают активностей насыщения (определяется температура ликвидус);

- уменьшение содержания тех компонентов в расплаве, для которых по мере снижения температуры ниже ликвидуса $a_{\text{НАС}}$ сравнивается с $a_{\text{ТД}}$; уменьшение содержания этих компонентов в расплаве производится таким образом, чтобы при каждой температуре $a_{\text{ТД}}$ была равна $a_{\text{НАС}}$ (рассчитывается состав жидкой фазы гетерогенного шлака);

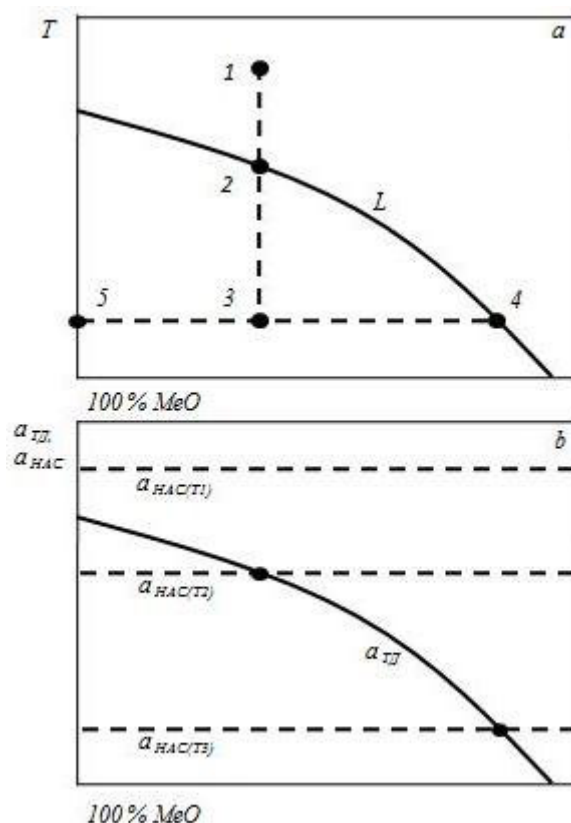


Рис. 1. Принципиальная схема расчёта количества твёрдых частиц в гетерогенном шлаке и состава его жидкой фазы, иллюстрирующая аналогию с методикой расчётов по диаграммам состояния:

а – участок гипотетической диаграммы состояния бинарного расплава в координатах «состав» – «температура»;
 б – соотношение термодинамической активности $a_{ТД}$ и активности насыщения оксида MeO $a_{НАС}$ в том же расплаве при изменениях температуры и состава расплава

– определение массовой доли нерастворённых кристаллов по балансу компонентов исходного расплава при температуре ликвидус и состава жидкой фазы при его гетерогенизации.

Известный состав жидкой фазы позволяет определить её вязкость η_0 по моделям для гомогенных систем. Для пересчёта массовой доли твёрдой фазы в объёмную долю следует иметь данные о плотности твёрдых частиц и жидкой фазы шлака [2, с. 518]. Используя формулы вида (1) и (2) при имеющихся значениях вязкости жидкой фазы η_0 и объёмной доли нерастворённых кристаллов ϵ , можно определять эффективную вязкость шлака η . Сопоставление опытных данных и результатов расчёта вязкости по представленной методике приведено на рисунке 2 для типичного шлака внепечной обработки стали (масс. %): CaO = 55,8 %; SiO₂ = 23,6 %; MgO = 7,7 %; FeO = 1,5 %; A₂O₃ = 11,4 %.

Согласно расчетам по полимерной модели при снижении температуры ниже ликвидуса (1565°C) начинается уменьшение количества CaO в расплаве (рис. 2а), что приводит к появлению в шлаке соответствующего количества кристаллов CaO (рис. 2с). По мере снижения содержания CaO в жидкой фазе шлака происходит соответствующее повышение содержания остальных компонентов в жидкой фазе шлака, в том числе MgO (рис.

2б). При температуре 1440°C жидкая фаза насыщается MgO, дальнейшее снижение температуры приводит к снижению содержания MgO в жидкой фазе (рис. 2б) и появлению соответствующего количества кристаллов MgO (рис. 2с). Поэтому при снижении температуры ниже ликвидуса вязкость шлака растёт быстрее, чем можно судить по расчетам, не учитывающим гетерогенизацию (рис. 2д).

Необходимо отметить, что обоснованно использовать результаты расчётов по представленной методике для описания свойств реальных шлаков, можно только при сохранении ньютоновского характера их вязкого течения, т.е. при ϵ до 0,1–0,25 [2, с. 516]. Кроме того, выделившиеся кристаллы CaO и MgO могут поглощать оксиды железа и марганца из жидкой фазы шлака с образованием твердых растворов типа (Ca·Fe·Mn)O и (Mg·Fe·Mn)O, что должно оказывать влияние на результаты экспериментов по измерению вязкости [6, с. 26]. Чем больше в шлаке частиц CaO и MgO и чем дольше они существуют, тем больше эти частицы должны поглощать оксидов железа и марганца из жидкой фазы шлака, повышая вязкость жидкой фазы шлака и увеличиваясь в размерах.

Результаты исследований позволяют считать, что разработанный подход к оценке вязкости гетерогенных шлаков допустимо использовать при решении ряда практических задач.

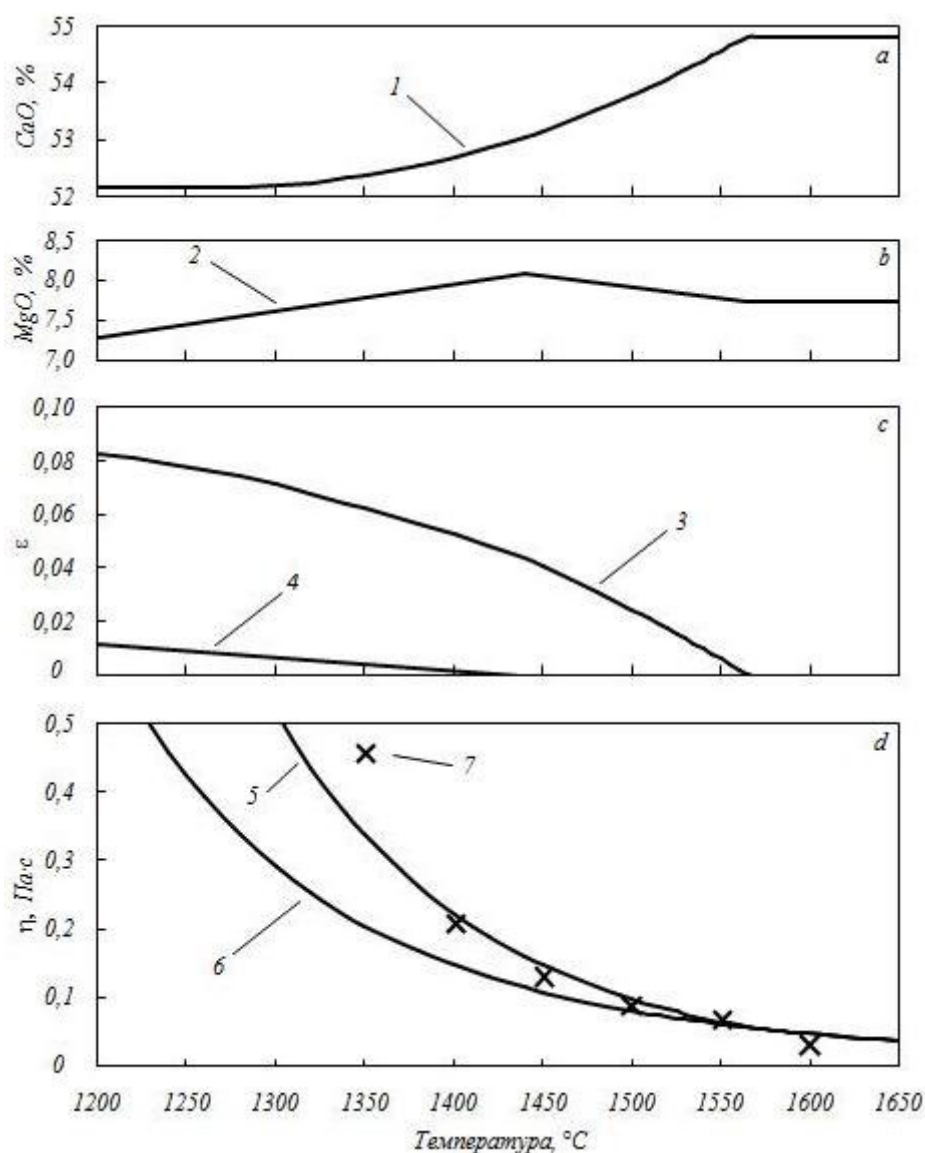


Рис. 2. Температурные зависимости опытных значений вязкости η и промежуточных результатов её расчёта:

- а – содержание CaO в жидкой фазе шлака (1);
 б – содержание MgO в жидкой фазе шлака (2);
 с – объёмная доля ε твёрдых частиц CaO в шлаке (3) и MgO (4);
 д – значения вязкости, рассчитанные по полимерной модели с учётом гетерогенизации (5); значения вязкости, рассчитанные по полимерной модели без учёта гетерогенизации (6); опытные значения вязкости (7)

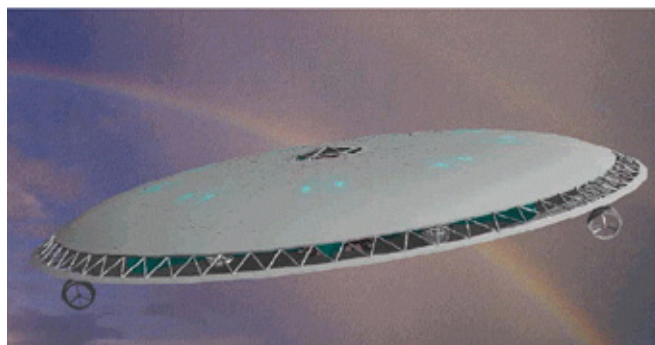
Литература:

1. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкостей. Л.: Наука, 1975. 487 с.
2. Ito K., Fruehan R.J. // Metallurgical transactions. 1989. Vol. 20B. Pp. 515–521.
3. Явойский В.И., Кряковский Ю.В., Григорьев В.П. и др. Металлургия стали: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1983. 584 с.
4. Воскобойников В.Г., Дунаев Н.Е., Михалевич А.Г. и др. Свойства жидких доменных шлаков. М.: Металлургия, 1975. 184 с.
5. Новиков В.К., Невидимов В.Н. Полимерная природа расплавленных шлаков. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. 62 с.
6. Штенгельмейер С.В., Богатенков В.Ф. // Изв. вуз. Чёрная металлургия. 1958. № 11. С. 23–28.

Исследование диска-крыла в потоке газа, растекающегося от центра

Протевень Игорь Сергеевич, аспирант
Сибирский государственный аэрокосмический университет

Краев Вячеслав Михайлович, доктор технических наук, профессор
Московский авиационный институт



На основе представлений картины обтекания потока газа поверхности диска выполнен расчет рабочих параметров летательного аппарата, с подтвержденными экспериментальными данными.

Ключевые слова: летательный аппарат, диск, платформа, струйные течения, разрежение, подъемная сила.

В работе рассматривается возможность создания летательного аппарата нетрадиционной формы. Подъемная сила, независимо от окружающей среды, создается за счет разрежения, создаваемого на верхней поверхности растекающегося от центра радиального потока газа. На основе анализа возможных конструктивных решений рассматривается модель обтекания диска потоком газа, источником которого является двигательная установка, расположенная в центре летательного аппарата.

Летательный аппарат представляет собой диск (1) (рис. 1) радиусом 4м, расположенный горизонтально. Подъемная сила создается за счет разрежения, создаваемого на верхней поверхности растекающегося радиально потока газа. Источником потока газа является двигательная установка (2), расположенная в центре летательного аппарата. В состав двигательной установки входят турбина (3), вентилятор (4), секция спрямляющих аппаратов (5).

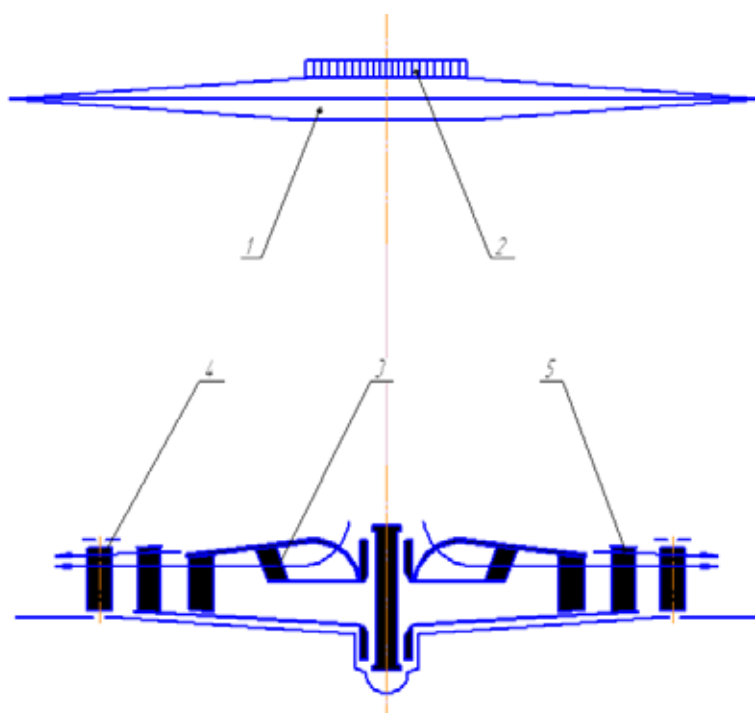


Рис. 1. Летательный аппарат и двигательная установка

Моделирование струйных течений и их взаимодействия с несущими поверхностями и преградами стало одной из актуальных проблем, решение которых опирается на достижения механики сплошных сред, вычислительной математики и кибернетики.

Потребности практически весьма многообразны и разноплановы, удовлетворить им чисто экспериментальным путем невозможно, особенно в таких многопараметрических задачах, которые возникают в связи с использованием струйных течений. Возможности ЭВМ резко увеличивают производительность вычислений и позволяют перейти к эффективному решению весьма сложных научных и научно-прикладных проблем.

В настоящее время теория турбулентных струй является развитым современным разделом теоретической и прикладной гидроаэромеханики. Причиной довольно интенсивного развития и большого внимания различных исследователей к задачам является их широкая распространенность в различных областях техники и природных явлениях. Знание закономерностей и механизма процессов в струях является весьма важным, а в ряде случаев и решающим фактором при управлении этими процессами с целью интенсификации работы различных технических устройств, аппаратов и сооружений.

Постановка задачи

На заданной высоте H от уровня поверхности земли покоится летательный аппарат — платформа в форме диска с диаметром D . При этом подъемная сила, уравнивающая силу гравитации, создается за счет разности давлений на нижней и верхней поверхностях платформы (Рис. 2). Разряжение на верхней поверхности образуется за счет взаимодействия вытекающей в радиальном направлении струи газа с верхней поверхностью аппарата.

Для заданных условий были определены следующие параметры: массовый расход газового потока вытекающего из центральной части аппарата; изменение характеристик обтекания рабочей поверхности ЛА при изменении основных параметров (высота сопла двигательной установки — b_0 и скорость истечения из сопла — u_0); а также подъемная сила.

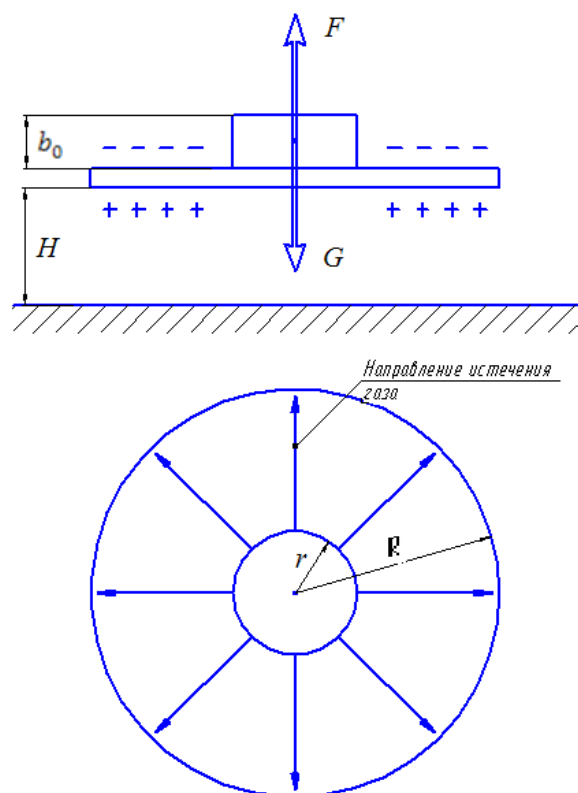


Рис. 2. Рабочая поверхность ЛА

Созданная математическая модель позволила выполнить аэродинамический расчет летательного аппарата. При решении задачи рассчитаны параметры начального и основного участков внешнего невязкого течения и течения в пограничном слое. В результате расчетов получены зависимости изменения безразмерной осевой скорости с учетом пространственности течения.

Поскольку при истечении из сопла в радиальном направлении имеет место симметрия течения относительно оси симметрии OZ, то при установившемся движении несжимаемой жидкости и отсутствии массовых сил имеем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} + V_z \frac{\partial V_r}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r} + V \left(\frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2} \right) \\ V_r \frac{\partial V_z}{\partial r} + V_z \frac{\partial V_z}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + V \left(\frac{\partial^2 V_z}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_z}{\partial r} + \frac{\partial^2 V_z}{\partial z^2} \right) \\ \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_r}{r} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Однако, несмотря на то, что уравнения пограничного слоя значительно проще уравнений Навье-Стокса, все равно в математическом отношении они остаются по-прежнему достаточно сложными, т.к. содержат нелинейность.

Согласно [1,2] число Рейнольдса сопла, при котором формируется турбулентный режим течения, составляет $Re > 300$. Исходные уравнения турбулентного движения несжимаемой жидкости для плоского случая в прямоугольной системе координат имеют вид [3,4]:

$$\begin{cases} u \frac{\partial u}{\partial x} + u' \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + V \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - \frac{\partial u'^2}{\partial x} - \frac{\partial (u' v')}{\partial y}; \\ u \frac{\partial v}{\partial x} + u' \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + V \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - \frac{\partial v'^2}{\partial y} - \frac{\partial (u' v')}{\partial x}; \\ \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

где u, v и u', v' — составляющие средней и пульсационной скоростей.

Эксперименты с развитыми турбулентными струями показывают [5], что в этих уравнениях членами, содержащими физическую вязкость, можно пренебречь. Это обстоятельство несколько упрощает математическую сторону задачи. Дальнейшее упрощение исходных уравнений на основе приближения пограничного слоя выполнено путем оценки относительного порядка величины каждого члена уравнения.

Анализ многочисленных экспериментов со струями [1,4,5,6] показал, что результаты измерений профилей скорости и температуры в турбулентных свободных слоях смещения как в несжимаемой жидкости, так и в сверхзвуковом потоке газа, построенные в соответствующих безразмерных координатах, оказываются универсальными. Суть универсальности этих профилей заключается в том, что если выбрать характерный размер течения $\delta(x)$ и скорость $v(x)$, то в произвольном сечении струи, расположенном от сопла на расстоянии x , скорость можно представить в следующем универсальном виде:

$$\frac{u}{v(x)} = f(\eta), \quad (3)$$

где $f(\eta)$ — функция подобия; $\eta = \frac{y}{\delta(x)}$.

Дальнейший анализ опытных данных показал, что в дальней от сопла области струйное течение обладает не только универсальностью профилей средней скорости, но и автомодельностью. Последнее свойство, как известно, является очень важным средством теоретического и экспериментального анализа различных течений. В общем случае в термин «автомодельное течение» различными исследователями вкладывается достаточно широкий смысл, отражающий как математическую так и физическую сторону реального процесса. Наиболее общее понимание автомодельного течения сводится к тому, что течение называют автомодельным, если распределение его характеристик в различных поперечных сечениях получается одно из другого с помощью преобразования подобия [7].

В работе рассмотрена затопленная турбулентная струя, вытекающая из плоского сопла шириной $2b_0$ с начальной скоростью u_0 в жидкость той же плотности. Принципиальная схема струи и принятая система декартовых координат с выделением начального и основного участков проведены на Рис. 4. Струя распространяется в направлении оси X, Y_{01} — полуширина потенциального ядра струи, b_{01} — толщина слоя смещения на начальном участке струи, b — полуширина струи на основном участке. Вследствие наличия в рассматриваемой задаче симметрии относительно оси Y достаточно рассматривать лишь одну половину струи ($y > 0$).

На основании исследований начального и основного участка струи получили расчеты изменения безразмерной осевой скорости с учетом пространственности течения. Результаты расчета представлены на Рис. 4.

По результатам математического моделирования подъемная сила ЛА может быть рассчитана по формуле

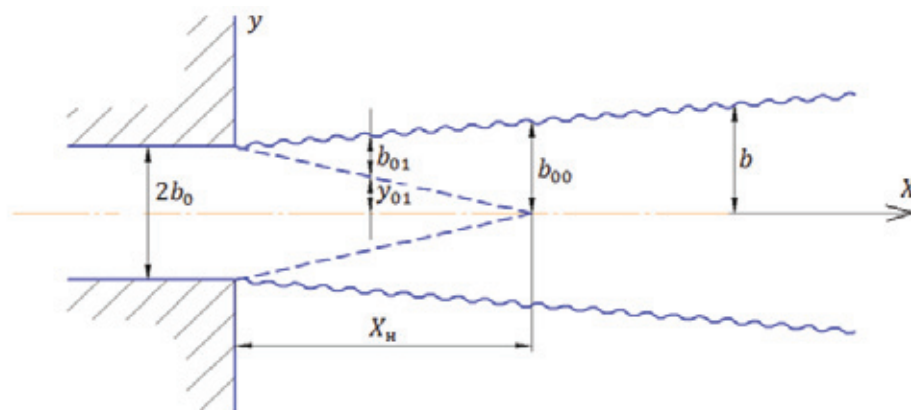


Рис. 3. Схема струи, вытекающей из плоского сопла

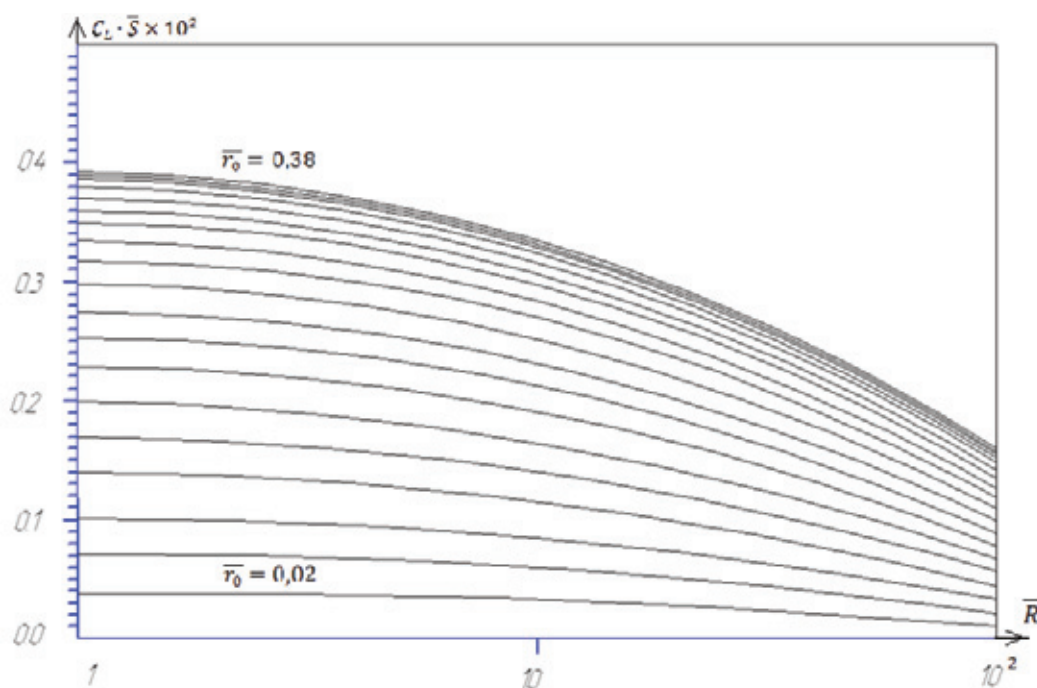


Рис. 4. Результаты расчета изменения безразмерной осевой скорости с учетом пространственности течения

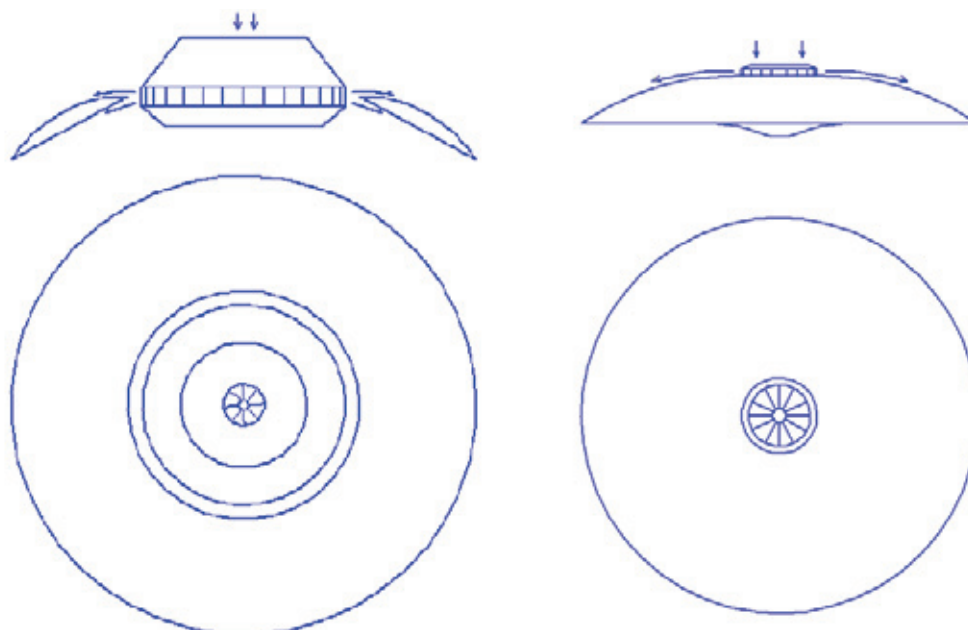


Рис. 5. Варианты крыловых профилей летательных аппаратов

$$L = C_I \bar{S} \frac{\rho u^2}{2} \pi R^2 \quad (4)$$

По проведенным расчетам исходных данных из максимально возможного значения скорости газа, обтекающего верхнюю поверхность ЛА, получили наиболее оптимальные газодинамические профили для создания достаточной подъемной силы.

Литература:

1. Лойцанский Л.Г. «Механика жидкости и газа», М., 1959 г.
2. Шлихтинг Г. «Теория пограничного слоя», М., 1969 г.
3. Абрамович Г.Н. «Теория турбулентных струй», М., 1960 г.
4. Гиневский А.С., «Теория турбулентных струй и следов», М., 1969 г.
5. Bradbury L.J.S. «The structure of a self-preserving turbulent plane jet». — J.Fluid Mech., 1965,23,pt1,p.31–64.
6. Wygnanski J., Fiedler H.E. «Two-dimensional mixing region»-Ibid., 1970,41,pt2,p.327–361.
7. Баренблат Г.И. «Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика» — Л., 1982 г.

Исследования битумов, модифицированных окисленным атактическим полипропиленом и другими добавками

Рудницкий Олег Викторович, аспирант
Томский государственный архитектурно-строительный университет

Работа посвящается исследованию возможности модификации дорожных битумов (восстановление начальных характеристик битума) для замедления старения вяжущего при приготовлении асфальтобетона и других смесей.

Ключевые слова: модификация битума, старение вяжущего, восстановление начальных характеристик.

Известно, что старение битума происходит не только в период эксплуатации автомобильных дорог, но и в процессе подготовки вяжущего на асфальтобетонном заводе (АБЗ). Особенно ощутимы изменения его свойств в рабочем котле, где воздействия таких факторов старения, как кислород и высокая температура вследствие существующей технологии подготовки битумов наиболее интенсивна.

Ухудшения качества вяжущего в процессе подготовки его на АБЗ ведет к сокращению срока службы асфальтобетонных покрытий и увеличению объемов ремонтных работ, что требует привлечения дополнительных средств.

В связи с этим были приняты меры по проведению ряда испытаний по обогащению битума добавками.

При испытаниях использовались добавки атактический полипропилен и добавка с повышенной тепловой стабильностью.

Атактический полипропилен, добавка являющийся побочным продуктом полипропиленовых производств. Используется для приготовления битумно-полипропиленовых вяжущих материалов, строительных мастик, клеев для липких лент и клеев расплавов, используемых в строительстве и т.д.

Добавка с повышенной тепловой стабильностью используется в основном для улучшения сцепления вя-

жущего с каменным материалом и как показал опыт прошлых испытаний может быть использована для улучшения физико-механических свойств битума.

Результаты, полученные в ходе проведения испытаний вяжущего с добавками, представлены в Приложении 1 и 2.

Проведенные испытания свидетельствуют о том, что в битуме активно развиваются процессы, приводящие к значительным положительным изменениям физико-механических свойств вяжущего.

При этом выявлено, что при увеличении процентного содержания добавки улучшается температура хрупкости, и пенетрация при 25°C и 0°C что повышает марку битума.

Показатель температуры размягчения битума по КиШ значительно падает что говорит о переходе состояния битума в более вязкое.

Так же при проведении испытаний выявлено, что адгезия с каменным материалом улучшается при увеличении процентного содержания добавки ОАПП.

По итогам испытания ОАПП можно сказать, что её введение в битум приводит к частичным восстановлениям физико-механических свойств и рекомендуется для применения тока в целях повышения марки битума и увеличения адгезии с каменным материалом.

Используя добавку в целях повышения марки битума можно достичь снижения текущего запаса (до 14 дней)

материала на 10–14 % (в денежном эквиваленте экономия составит 15150,61 тыс.руб.), а при использовании её в течении годового баланса рабочего времени АБЗ экономия составит 43451,83 тыс.руб.

Добавка наоборот, показала себя аффективной в целях использования при повышении физико-механических характеристик битума.

При введении добавки 0,2–0,3% сверх битума показатели резко возрастают что приводит битум в более вязкое состояние и тем самым более стойкой к отрицательным температурам.

Применение этих добавках в определенных целях может привести к значительному экономическому эффекту и увеличению срока службы асфальтобетонного покрытия а так же замедлению процесса выкрошивания покрытия.

Однако для окончательных выводов не накоплено еще достаточно данных, поэтому требуется проведение дополнительных испытаний этих добавок приготовленных на битумах разных марок, типов, из разных нефтей и с разнообразными способами их введения.

Многоспектральный метод обнаружения подкожных образований

Строев Владимир Михайлович, доцент;

Альмас Гамиль Фатех, аспирант

Тамбовский государственный технический университет

В настоящее время детектирование неоднородностей для получения карты распределения поглощения и рассеяния мягких тканей производится с помощью диффузионной оптической томографии (ДОТ), рентгеновской компьютерной томографии (КТ) и магниторезонансной томографии (МРТ). Хотя КТ и МРТ дают очень хорошее пространственное разрешение, для их применения требуется достаточно громоздкое и дорогостоящее оборудование. Методы ДОТ существенно дешевле, мобильней и дают информацию об оксигенации или деоксигенации крови и о функциональном состоянии тканей. Общим недостатком существующих методов является стремление проникнуть сквозь кожу без учета неоднородности характеристик кожи, что ограничивает их применение при работе по низкоконтрастным подкожным образованиям и может приводить к наблюдению ложных образований.

При прохождении через кожу лазерное излучение претерпевает два вида искажений: неравномерное ослабление и расфокусировку, обусловленную переотражением кожи и характеризуемую оптической передаточной функцией (ОПФ).

Одним из параметров влияющих на прохождение через кожу лазерное излучение является толщина кожи. Толщина кожи человека зависит от возраста, цвета кожного покрова, пола, состояния здоровья и локализации. На разных участках тела кожа имеет различную толщину (табл. 1). У пожилых людей и детей кожа тоньше, чем у взрослого человека. У детей первых месяцев жизни средняя толщина кожи составляет 1 мм; в возрасте от 3 до 7 лет — 1–1,5 мм; от 7 до 14 лет — 1,5–2 мм и лишь к 20–25 годам она достигает 3 мм.

Для определения заряда $q(x, y, \lambda)$, накопленного в ячейке ФПЗС используется выражение [1]:

$$q(x, y, \lambda) = \kappa \cdot [C(x, y) \cdot e^{-2\tau(x, y, \lambda)} + 1 - e^{-\tau(x, y, \lambda)}] \quad (1)$$

где $C(x, y)$ — безразмерный коэффициент, характеризующий отражательную способность и рельеф участка подкожного образования.

κ — постоянный коэффициент, определяемый параметрами ФПЗС.

На рисунке 1 представлены графики $C(x, y)$ и $q(x, y)$ при условии, что $\tau(x, y)$ принимает следующие значения: 3, если $p=0-19$; 2,5, если $p=20-29$.

Из рисунка 1 видно, что принятый сигнал $q(x, y)$ существенно отличается от реального вида $C(x, y)$. Следовательно, в условиях неравномерности оптической толщи кожи формируется сильно искаженный сигнал плотности подкожного слоя.

При реализации двухчастотного метода обнаружения низкоконтрастных подкожных образований [1] обработка производится на двух длинах волн, при этом λ_1 и λ_2 выбираются таким образом, чтобы выполнялось равенство:

$$\tau(x, y, \lambda_2) = 2 \cdot \tau(x, y, \lambda_1), \quad (2)$$

где $\tau(x, y, \lambda) = \sqrt{3 \cdot \mu_a \cdot (\mu_a + \mu_s')} \cdot L(x, y)$ — оптическая толщина кожи;

$L(x, y)$ — толщина кожного покрова;

μ_a — коэффициент рассеивания;

μ_s — коэффициент поглощения.

Таблица 1

Область тела	Эпидермис весь	Роговой слой эпидермиса	Дерма	Подкожно-жировая клетчатка
Грудь	0,035–0,084	0,018–0,035	1,97–3,00	0,40–1,10
живот	0,063–0,126	0,022–0,028	1,64–2,32	2,18–18,83
Спина	0,092–0,125	0,024–0,038	2,66–4,76	0,55–1,11
Плечо	0,068–0,146	0,021–0,049	1,89–3,04	0,03–1,41
Бедро	0,076–0,163	0,022–0,058	1,80–3,06	0,62–1,33
Ладони	0,220–0,726	0,171–0,618	0,66–1,90	0,56–3,06

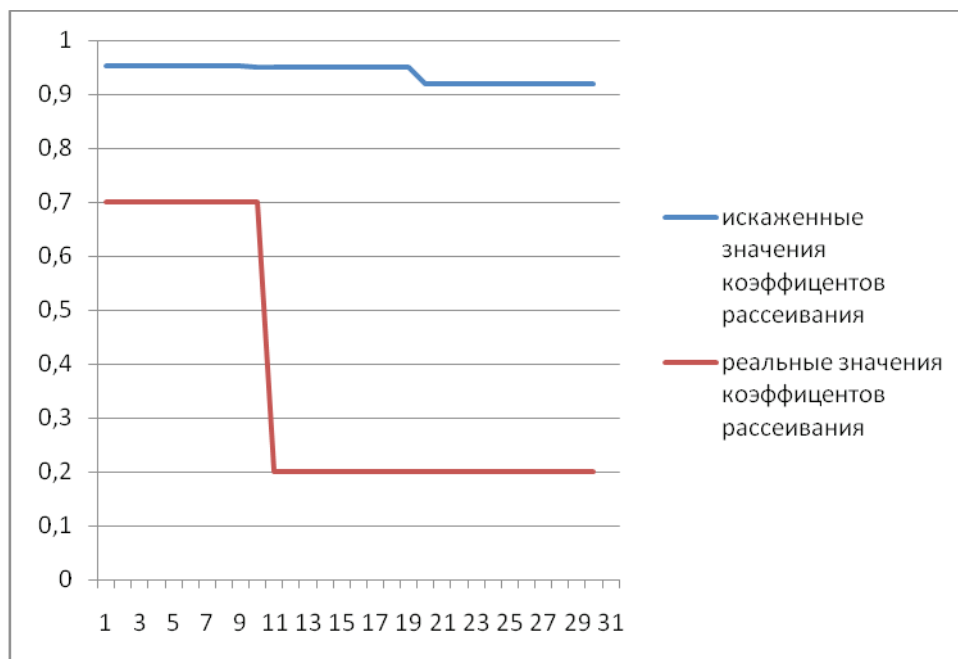


Рис. 1

Кожа человека является ярким примером многокомпонентной мутной биологической среды и весьма сложна для описания при построении моделей. Оптические характеристики такой сложной среды в целом зависят от множества факторов. В коже выделяют три части. Верхняя часть — эпидермис — представляет собой многослойный эпителий, наружный слой которого — роговой слой — постоянно слущивается. Толщина эпидермиса различна — от 0,01 до 0,2 мм [2]. Нижний слой эпидермиса — базальный, лежит на базальной мембране разделяющей эпидермис и дерму. В базальном слое находятся клетки — меланоциты, производящие пигмент меланин. Независимо от типа расы в коже каждого человека находится одинаковое количество меланоцитов, но количество меланина, которое эти клетки производят, различно. Истинная или внутренняя кожа — дерма — состоит из богатой волокнами и относительно бедной клетками соединительной ткани, являющейся опорой для придатков кожи (волос, ногтей, потовых и сальных желез) сосудов и нервов. Волосы и протоки от желез проходят через эпидермис к поверхности кожи. Толщина дермы варьируется от 0,5 мм до 5 мм. На предплечье она не превышает 1 мм (у женщин) и 1,5 мм (у мужчин), а в некоторых местах достигает 2,5 мм (кожа спины у мужчин) [2].

В таблице 2 приведены оптические свойства человеческой кожи *invitro*

Оценим значение τ для кожи человека. Согласно данным, приведенным в табл.1 глубина кожного покрова человека лежит в пределах от 0,02 до 5мм, причем в основном глубина кожного покрова определяется размером дермы. Для дермы значение μ_a лежит в пределах от 1,7 до 26 (для $\lambda = 250 - 800\text{нм}$), значение μ_s' лежит в пределах от 30 до 257. Поэтому значение τ будет изменяться от 1,3 до 15.

Для решения данной задачи обработки [1], использовалась система уравнений

$$\begin{cases} q_1(x, y, \lambda_1) = \kappa \cdot [C(x, y) \cdot e^{-2\tau(x, y, \lambda_1)} + 1 - e^{-\tau(x, y, \lambda_1)}] \\ q_2(x, y, \lambda_2) = \kappa \cdot [C(x, y) \cdot e^{-4\tau(x, y, \lambda_2)} + 1 - e^{-2\tau(x, y, \lambda_2)}] \end{cases} \quad (3)$$

Таблица 2

Ткань	l, нм	m_a , см ⁻¹	μ_s' , см ⁻¹
Дерма	250	26	257
	308	8,7	170
	351	5,2	127
	415	3,5	82
	488	2,6	60
	800	1,7	30
Эпидермис	250	1000	313
	308	300	407
	351	100	306
	415	66	206
	488	50	143
	800	40	62
Роговой слой	250	1150	260
	380	600	240
	337	330	230
	351	300	220
	400	230	200

При $\tau = 15$ сигнал от подкожного образования на λ_2 в 10^{11} раз меньше, чем на λ_1 .

Таким образом, рассмотренный метод будет работать с низкоуровневыми сигналами и поэтому результаты обработки будут сильно зависеть от влияния шумовых компонентов, принятых сигналов.

Изменение условия (2), хотя бы на следующее $\tau(x, y, \lambda_2) = 1,3 \cdot \tau(x, y, \lambda_1)$ приведет к тому, что при $\tau = 15$ сигнал от подкожного образования на λ_2 будет только в 8000 раз меньше, чем на λ_1 .

Для решения данной задачи составим систему уравнений при $\tau(x, y, \lambda_2) = d \cdot \tau(x, y, \lambda_1)$, где d — постоянный коэффициент принимающий значения от 1 до 2.

$$\begin{cases} q_1(x, y, \lambda_1) = \kappa \cdot [C(x, y) \cdot e^{-2\tau(x, y, \lambda_1)} + 1 - e^{-\tau(x, y, \lambda_1)}] \\ q_2(x, y, \lambda_2) = \kappa \cdot [C(x, y) \cdot e^{-2\tau(x, y, \lambda_2) \cdot d} + 1 - e^{-\tau(x, y, \lambda_2) \cdot d}] \end{cases} \quad (4)$$

Решение системы (3) возможно только с применением численных методов.

Используем метод Ньютона, для чего находим $C(x, y)$ из выражения для $q_1(x, y, \lambda_1)$ и подставляем в выражение для $q_2(x, y, \lambda_2)$.

В результате получим

$$q_2(x, y, \lambda_2) = e^{-\tau(x, y, \lambda_1) \cdot d} [e^{\tau(x, y, \lambda_1) \cdot (1-d)} \cdot (1 + a(x, y, \lambda_1) e^{\tau(x, y, \lambda_1)}) - 1] + k,$$

где $a(x, y, \lambda_1) = (q_1(x, y, \lambda_1) - k)/k$.

Упростим полученное выражение, введя обозначения

$$z = \tau(x, y, \lambda_1) \text{ и } b = (q_2(x, y, \lambda_2) - k)/k.$$

Отсюда получаем, что

$$a = c \cdot e^{-2z} - e^{-z}, b = e^{-z \cdot d} [e^{z \cdot (1-d)} \cdot (1 + a \cdot e^z) - 1] \text{ и } \tau(\lambda_2) = d \cdot z.$$

Выражение для b трансформируем в уравнение $\mathcal{F}(z) = e^{-z \cdot d} [e^{z \cdot (1-d)} \cdot (1 + a \cdot e^z) - 1] - b = 0$.

Алгоритм нахождения численного решения уравнения $\mathcal{F}(z) = 0$ сводится к итерационной процедуре вычисления:

$$z_{n+1} = z_n - \frac{\mathcal{F}(z_n)}{\mathcal{F}'(z_n)} = z_n - \frac{e^{-z \cdot d} [e^{z \cdot (1-d)} \cdot (1 + a \cdot e^z) - 1] - b}{e^{-z \cdot d} \cdot d + a \cdot e^{z \cdot (1-d)} \cdot [2 \cdot (1-d)] + e^{z \cdot (1-2 \cdot d)} \cdot (1-2 \cdot d)}$$

Найденное значение $z^* = \tau(x, y, \lambda_1)$, используется для вычисления значения

$$C^* = \frac{a + e^{-z}}{k \cdot e^{-z^2}}$$

На рисунке 2 представлены результаты моделирования работы в условиях, когда $\tau(x, y)$ принимает следующие значения: 3, если $p=0-19$; 2,5, если $p=20-29$; погрешность приема сигнала равна 0,2%.

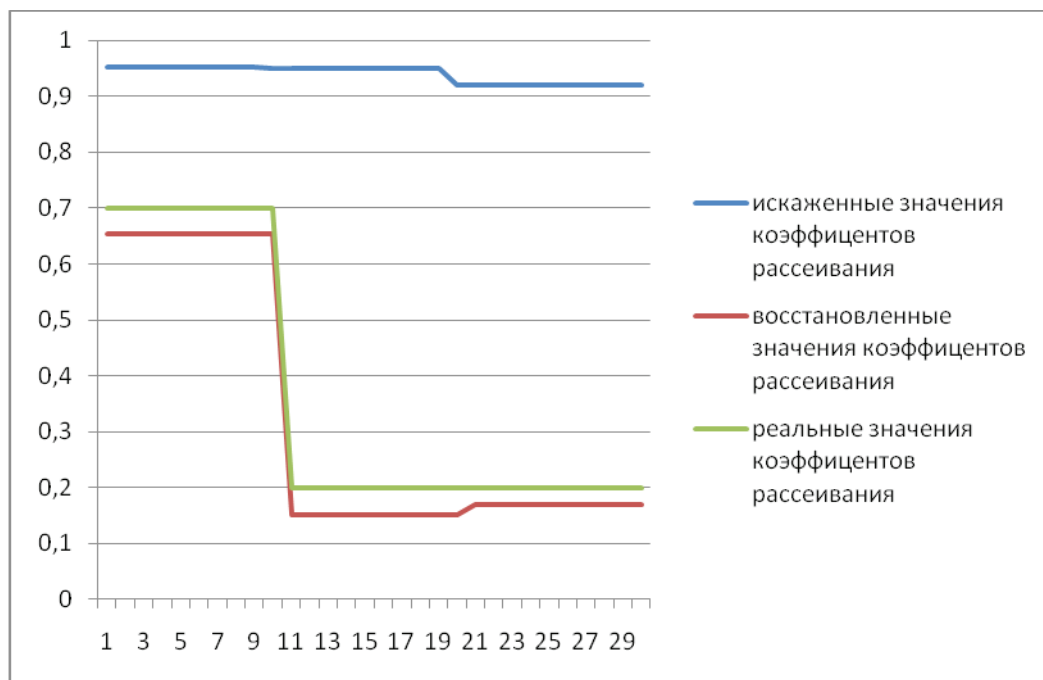


Рис. 2

Литература:

1. Пересыпкина Е.Н., Истомина А.И., Черникова А.М., Чичканова О.В., Альмас Г.Ф. Двухчастотный метод обнаружения низкоконтрастных подкожных образований // Молодой ученый. — 2012. — №5. — С. 552–556.
2. РЛС-Пациент: Ежегодный бюллетень: Вып. 3: Пособие для врача. — Издательство «РЛС», 2002. — 1052 с.

Совершенствование метода оценки механической и электроэрозионной составляющих износа коллектора тяговых электродвигателей

Харламов Виктор Васильевич, доктор технических наук, профессор;

Шкодун Павел Константинович, кандидат технических наук, доцент;

Сергеев Роман Владимирович, кандидат технических наук, доцент;

Ерошенко Александра Викторовна, кандидат технических наук;

Долгова Анна Владимировна, аспирант.

ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения»

Коллекторно-щеточный узел тягового электродвигателя (ТЭД) — один из наиболее ответственных в эксплуатации узлов, от качества работы которого, в целом, зависит надежность и рентабельность работы железнодорожного транспорта. В процессе эксплуатации ТЭД изнашиваются элементы коллекторно-щеточного узла. Определение износа пары трения является задачей достаточно трудоемкой, требующей временных и финансовых затрат. Ввиду того, что измерение износа коллектора ТЭД связано с разборкой электродвигателя, не все существующие методы измерения износа могут быть применимы. Среди известных методов, наиболее приемлемыми являются метод микрометрических измерений, визуально-оптический и шаблонный [1, с. 63–69].

Для оценки износа коллектора условно выделим две составляющие: механическую и электроэрозионную. На базе лабораторий ОмГУПС для проведения экспериментальных исследований, основываясь на положениях теории подобия и размерностей, создана установка, состоящая из двух машин постоянного тока, включенных по схеме взаимной нагрузки [2].

Как известно, последняя секция в пазу коммутует в наиболее сложных условиях, таким образом, вероятность образования дугового искрения значительно возрастает. Ламели коллектора, подключенные к этим секциям, помимо механического, подвергаются электроэрозионному износу: при прохождении сбегающего края щетки над коллекторной пластиной, под воздействием искрения поверхностный слой металла выгорает, образуя раковины, тем самым изменяя шероховатость контактирующих элементов, способствуя увеличению интенсивности механического изнашивания (рис. 1).

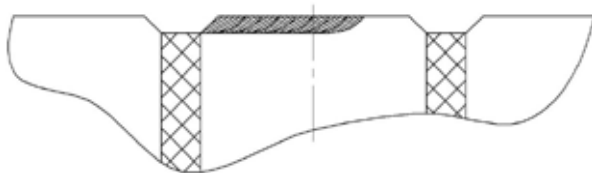


Рис. 1. Схема распространения электроэрозионного износа ламели коллектора

В конечном счете, выгорание ламели приводит к образованию кругового огня по коллектору и, как следствие, к отказу ТЭД.

Для оценки составляющих износа коллектора в лабораторных условиях проведены экспериментальные исследования, основываясь на положениях теории планирования эксперимента. При проведении эксперимента регистрировались профилограммы коллектора с помощью прибора контроля профиля коллектора ПКП-4М, разработанного на кафедре «Электрические машины и общая электротехника» ОмГУПС.

Профилограммы коллектора регистрировались по следам щеток и базовой (нерабочей) поверхности (рис. 2).

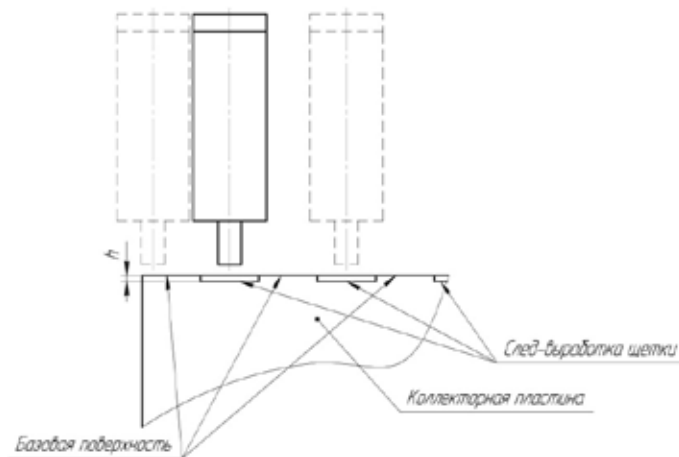


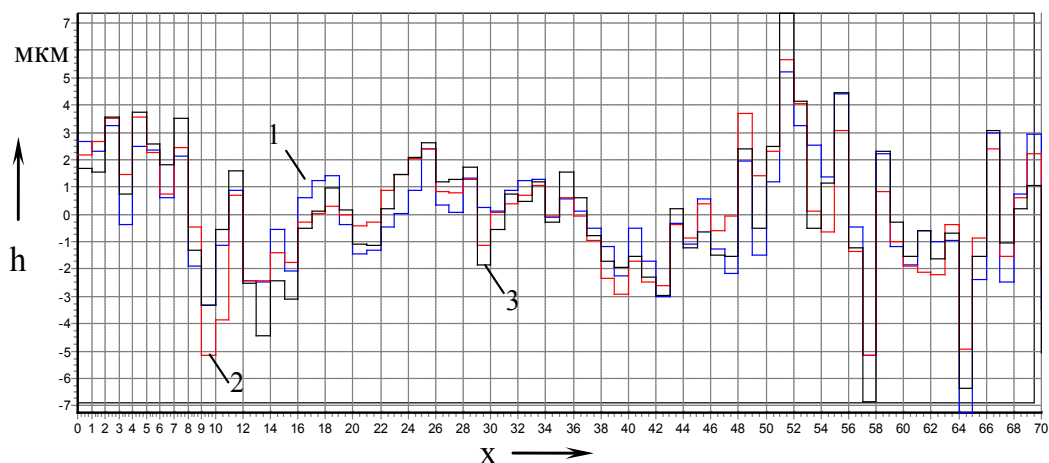
Рис. 2. Схема расположения датчика прибора ПКП-4М над коллектором электродвигателя

Для оценки механической составляющей износа коллектора, исключим из расчета первую и вторую гармонические составляющие функции профиля коллектора [3]. Полученная профилограмма базового следа приведена на рис. 3.

Для сопоставления полученных данных о высотах коллекторных пластин, с несинхронизированной точкой отсчета, использовался оригинальный программный продукт — *ProfilShift*, разработанный на кафедре «Электрические машины и общая электротехника» ОмГУПС (рис. 4).

Обозначим множество значений относительных высот ламелей коллектора базового следа в исходном состоянии как множество $A_{x,0}$, множество значений выбранного для оценки износа следа — $B_{x,0}$; множество значений относительных высот ламелей коллектора базового следа после проведения испытаний как множество $A_{x,m}$, множество значений выбранного для оценки износа следа после проведения испытаний — $B_{x,m}$ (рис. 5, 6).

Для множеств $A_{x,0}$ и $B_{x,0}$, а также $A_{x,m}$ и $B_{x,m}$ найдем соответствующую разность, обозначив результат как множества $C_{x,0}$ и $C_{x,m}$.



1 – до испытаний; 2 – после 400 минут испытаний; 3 – после 670 минут испытаний

Рис. 3. Профилограмма базового следа коллектора в холодном состоянии без учета первой и второй гармонической составляющей

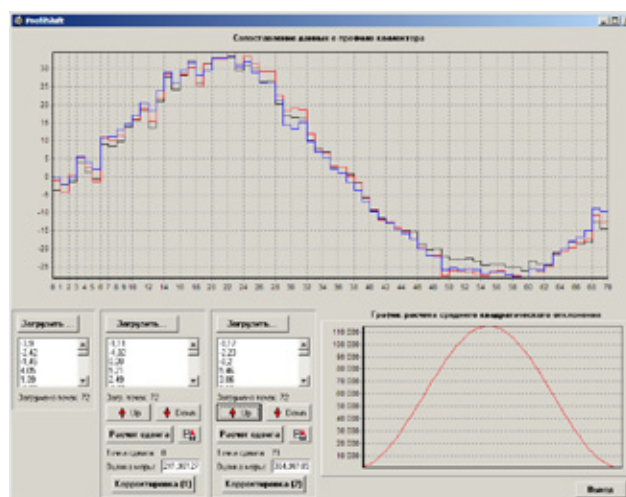
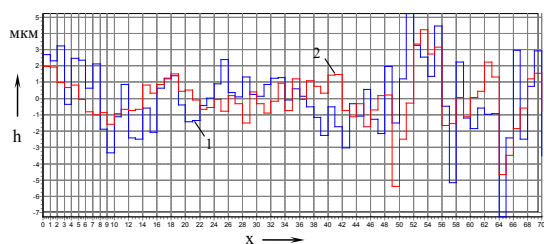
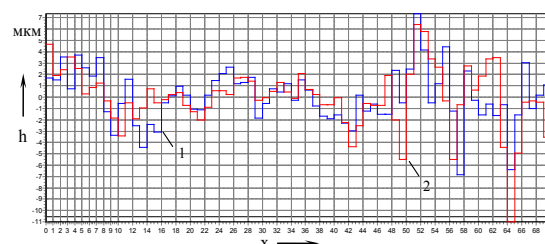


Рис. 4. Внешний вид программы ProfilShift



1 – базовый след; 2 – первый след

Рис. 5. Профилограмма следов коллектора в холодном состоянии до испытаний



1 – базовый след; 2 – первый след

Рис. 6. Профилограмма следов коллектора в холодном состоянии после 670 минут испытаний

$$\begin{cases} C_{x,0} = B_{x,0} \setminus A_{x,0}, \\ C_{x,m} = B_{x,m} \setminus A_{x,m}. \end{cases} \quad (1)$$

Для полученных множеств $C_{x,0}$ и $C_{x,m}$ также определим абсолютное значение разности:

$$\Delta_{x,m} = |C_{x,m} \setminus C_{x,0}|. \quad (2)$$

Полученное множество $\Delta_{x,m}$ значений содержит в себе два подмножества: $E_{x,k}$ — механическую составляющую износа ламелей коллектора, соединенных с последними секциями в пазу и $M_{x,(x-n)}$ — механическую составляющую износа.

Выделим пластины, присоединенные к последним секциям обмотки якоря в пазу из общего множества, тогда механическую составляющую износа данных ламелей коллектора определим следующим образом:

$$\bar{E}_{x,k} = \frac{1 + (n-1) \cdot \Delta d \sum_{k=1}^n E_{x,k}}{n}; \quad (3)$$

где $n = 2, 3, \dots, \frac{x}{\Delta d}$, — число ламелей, соответствующие последним секциям в пазу;

Δd — шаг ламелей, подключенных к последним секциям в пазу;

x — число ламелей коллектора;

$E_{x,k}$ — значение электроэрозионной составляющей износа k -ой ламели.

В свою очередь, механическую составляющую износа определим:

$$\bar{M}_{x(x-n)} = \frac{\sum_{i=1}^t M_{xi}}{x-n}; \quad (4)$$

где $t \in [1, \dots, 72]$; $t \notin 4 \cdot j$; $j \in [1, \dots, \frac{x}{\Delta d}]$;

$M_{x,i}$ — значение механической составляющей износа i -ой ламели.

Применяя приведенный алгоритм (рис. 7) для математической обработки экспериментальных данных, получим значения составляющих износа коллектора (табл. 1, 2).

Таблица 1. Результаты оценки электроэрозионной составляющей износа коллектора

Время испытаний	След 1, мкм	След 2, мкм	След 3, мкм
400 минут	1,37	1,39	0,87
670 минут	1,61	1,83	0,98

Таблица 2. Результаты оценки механической составляющей износа коллектора

Время испытаний	След 1, мкм	След 2, мкм	След 3, мкм
400 минут	0,89	1,29	0,59
670 минут	1,55	1,35	0,64

На основе предложенного алгоритма в среде Borland C++ Builder разработан программный продукт Wear 1.0 (рис. 8), позволяющий рассчитывать механическую и электроэрозионные составляющие износа коллектора ТЭД по полученным профилограммам до ремонта, после ремонта и после приемо-сдаточных испытаний.

Таким образом, методом микрометрических измерений с применением прибора контроля профиля коллектора ПКП-4М, а также при помощи разработанного алгоритма определены механическая и электроэрозионная составляющие износа коллектора ТЭД. Из приведенных результатов следует, что механический износ значительно возрастает с увеличением электроэрозионной составляющей, но при этом преобладающую роль в износе ламелей ТЭД, подключенных к последним секциям обмотки якоря в пазу, играет электроэрозионная составляющая износа.

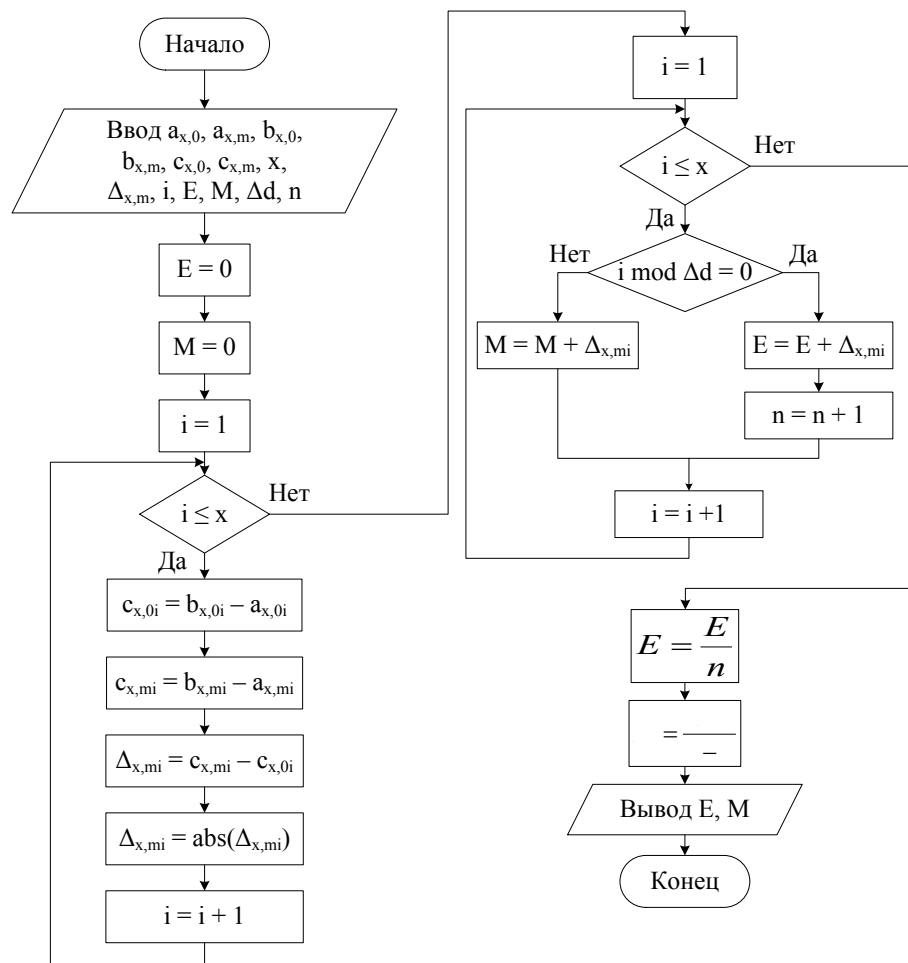


Рис. 7. Алгоритм определения износа коллектора

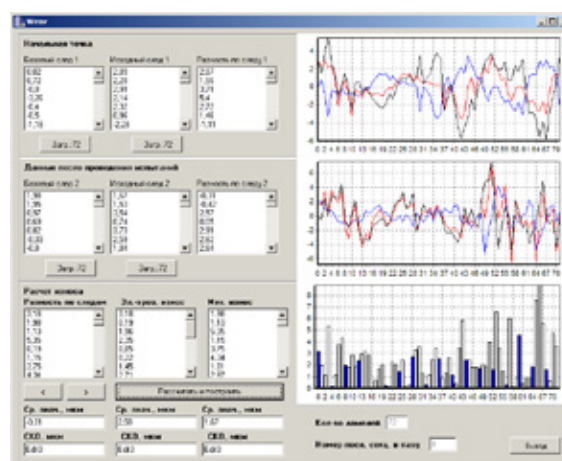


Рис. 8. Внешний вид программы Wear 1.0.

Следует отметить, что ввиду краевых эффектов датчика прибора контроля профиля коллектора, затруднительно зафиксировать величину электроэрозионной составляющей износа коллектора в начальной стадии развития (рис. 9). В предложенной методике оценки износа коллектора особое внимание следует уделить оценке электроэрозионной составляющей. Помимо предложенного метода оценки износа возможно также использование визуально-оптического метода.

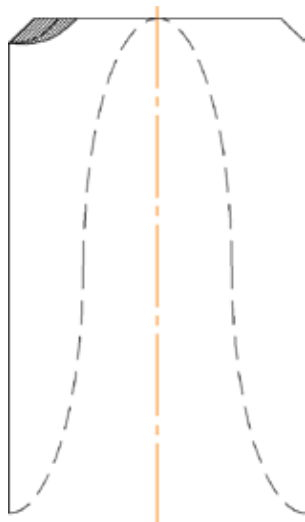


Рис. 9. Формирование импульса считывания датчика прибора ПКП-4М

Известно, что электроэрозионному износу в значительной степени подвергаются пластины, присоединенные к последним секциям обмотки якоря в пазу. Следовательно, имея информацию о расположении данных пластин, возможно применение визуально-оптического метода измерения износа. Внешний вид коллектора после 670 минут работы представлен на рис. 10.

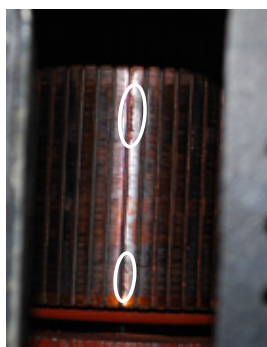


Рис. 10. Внешний вид коллектора машины постоянного тока после 670 минут работы

Аппроксимируем кривые, ограничивающие фигуры электроэрозионного износа коллекторной пластины кубическим сплайном вида:

$$S_3(x) = \begin{cases} P_1(x), & x \in [x_0, x_1], \\ P_2(x), & x \in [x_1, x_2], \\ \dots\dots\dots, \\ P_n(x), & x \in [x_{n-1}, x_n], \end{cases} \quad (5)$$

$$P(x) = a_i + b_i \cdot (x - x_{i-1}) + c_i \cdot (x - x_{i-1})^2 + d_i \cdot (x - x_{i-1})^3; \quad (6)$$

где $x_{i-1} \leq x \leq x_i, i = 1, 2, \dots, n$.

Достоинством выбранного способа интерполяции является отсутствие существенного отличия значений интерполяционного многочлена от значений интерполируемой функции между узловыми точками [4, с. 84–87]. Результаты аппроксимации приведем на рис. 11.

Получив функциональную зависимость кривой электроэрозионного износа коллекторной пластины, найдем площадь поверхности под ней:

$$S_{\text{э.э.}} = \int_{x_1}^{x_2} S(x) dx. \quad (12)$$

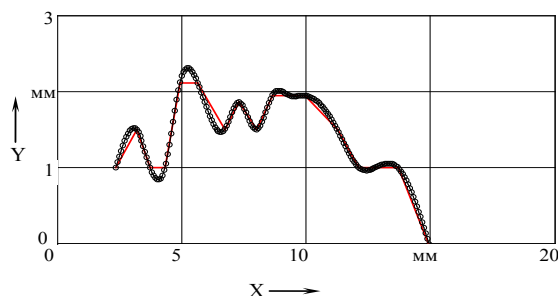


Рис. 11. Аппроксимация кривой изменения интенсивности электроэрозионного износа коллекторной пластины по следу одной щетки кубическим сплайном

Результаты вычислений сведем в табл. 4:

Таблица 4. Результаты вычислений при интенсивности искрения 2 балла

	Ширина пластины, мм	Площадь электроэрозион- ного износа, мм ²	Площадь зоны кон- такта, мм ²	Отношение пло- щадей, %
След 1	3,00	14,03	34,93	40
След 2	3,00	13,89	34,0	41
След 3	3,00	18,52	37,77	49

Таким образом, из результатов вычислений видно, что площадь пластины, подвергшейся электроэрозионному износу при уровне искрения 2 балла, составила около 50% от площади контакта щетки с коллекторной пластиной. Для сравнения приведем результаты вычислений при интенсивности искрения в 1 ½ балла и 1 ¼ балла (табл. 5, 6).

Таблица 5. Результаты вычислений при интенсивности искрения 1 ½ балла

	Ширина пластины, мм	Площадь электроэрозион- ного износа, мм ²	Площадь зоны кон- такта, мм ²	Отношение пло- щадей, %
След 1	3,00	11,87	34,93	34
След 2	3,00	10,2	34,0	30
След 3	3,00	12,46	37,77	33

Таблица 6. Результаты вычислений при интенсивности искрения 1 ¼ балла

	Ширина пластины, мм	Площадь электроэрозион- ного износа, мм ²	Площадь зоны кон- такта, мм ²	Отношение пло- щадей, %
След 1	3,00	6,46	34,93	19
След 2	3,00	7,14	34,0	21
След 3	3,00	8,5	37,77	25

Таким образом, из результатов вычислений видно, что площадь пластины, подвергшейся электроэрозионному износу при уровне искрения 1 ½ балла, не превышает 40% от площади контакта щетки с коллекторной пластиной, при уровне искрения 1 ¼ балла — не превышает 25% от площади контакта щетки с коллекторной пластиной.

Таким образом, основываясь на положениях теории подобия и размерностей, в лабораторных условиях создана экспериментальная установка и выполнены исследования процесса изнашивания коллектора модельной машины постоянного тока. По результатам исследований разработан алгоритм оценки механической и электроэрозионной составляющей, а также методика оценки электроэрозионной составляющей износа коллектора ТЭД.

Литература:

1. Куксенова Л.И. Методы испытания на трение и износ: Справ. изд. / Л.И. Куксенова, В.Г. Лаптева, А.Г. Колмаков, Л.М. Рыбакова — М.: «Интермет Инжиниринг», 2001. — 152 с.: ил.
2. Харламов В.В. Применение теории подобия при моделировании износа коллекторно-щеточного узла тягового электродвигателя / В.В. Харламов, П.К. Шкодун, А.В. Долгова // Известия Транссиба / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2011. Вып. 4 (8). С. 57–62.
3. Стрельбицкий Э.К. Статистическая обработка профилограмм коллектора машин постоянного тока / Стрельбицкий Э.К., Стукач В.С., Цирулик А.Я. // Известия Томского политехнического института. — 1966. — Т.160. — С. 102–105.
4. Пирумов У.Г. Численные методы: Учеб. пособие для студ. вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Дрофа, 2003. — 224 с.: ил.

Контактная очистка парафина адсорбентами в сочетании с ультразвуковым воздействием

Хужакулов Азиз Файзуллаевич, преподаватель
Бухарский инженерно-технический институт высоких технологий (Узбекистан)

Известно, что интенсивная ультразвуковая волна, проходя через жидкость (например, расплавленный парафин), последовательно образует области сжатия и разрежения. На отдельных участках возникают газовые и паронаполненные и пустые полости, размеры которых колеблются от субмикроскопических до значительных, а время их существования — от короткого до сравнительно длительного. Это явление, называемое кавитацией, возникает под действием ультра звуковых волн с частотой 5–24 кГц. Сегодня эффект кавитации в жидкостях используют при получении стойких эмульсий, коллоидных суспензий, дисперсии частиц и др. [1, 2].

Действие кавитации обнаружено давно, но механизм его до настоящего времени окончательно не изучен. По мнению Кука [3], кавитационный эффект — это следствие ударов жидкости о поверхность твердого тела, но как именно это происходит, им не раскрывается. Доказано [4], что значительные давление возникают не только при ударе жидкости, но и при сокращении кавитационного пузыря на некотором расстоянии от поверхности твердого тела. Следовательно, эффект кавитации — это сложный физический процесс, изменяющий гидродинамическое состояние по всему объему жидкости и массообменные явления.

В настоящее время интенсивно развивается производство ультразвуковых генераторов различной мощности для использования при адсорбционной очистке парафинов на нефтеперерабатывающих заводах. В связи сказанным нами проведено экспериментальное исследование влияния ультразвукового воздействия на показатели очистки парафинов адсорбентами. В качестве последних использовали смесь (1:1) термически активированной опоки с кислотноактивированным карбонатным палыгорскитом

в количестве 5% от общей массы очищаемого парафина.

Кавитацию в расплавленном парафине осуществляется с помощью ультразвуковой магнитострикционной установки на базе генератора УЗГ-10М, которая имеет следующие характеристики: потребляемая мощность — 18 кВт, пределы регулирования частоты — от 20 до 24 кГц. Использовали магнитострикционные преобразователи (излучатели) марки ПМС-6. Ультразвук, получаемый при помощи генератора (УЗГ-10М), передавали излучателям, вмонтированным в адсорбер, где образовывались стоячие ультразвуковые волны вдоль движения расплавленного парафина. При этом смесь адсорбента с парафином дополнительно перемешивали мешалкой с оборотом двигателя 150 об/мин. Продолжительность озвучивания расплавленного парафина в адсорбере менялась от 100 до 180 с.

Опыты проводили при ультразвуковых частотах 20,22 и 24 кГц. По их окончании очищенные парафины анализировали согласно стандартам (табл.1).

Видно, что эффект кавитации значительно повысил качество очистки парафина по сравнению с безультразвуковым воздействием. Так, при использовании ультразвука с частотой 20 кГц цвет парафина снижается на 1 усл. ед., а при 22 и 24 кГц — на 2. При этом содержание остаточного минерального масла в парафине уменьшается с 1,49 до 0,9 %, серы — с 0,15 до 0,05 %, ароматических углеводородов с 1,2 до 0,6 %, температура плавления парафина повышается с 55,2 до 57,1 °С.

Увеличение частоты ультразвука выше 22 кГц (до 24 кГц) практически мало влияет на физико-химические показатели очищаемых парафинов, что указывает на целесообразность проведения данного процесса при 20–24 кГц, но не более.

Таблица 1. Зависимость качества очищенных парафинов от ультразвуковой частоты воздействия

Частота ультразвука, кГц	Цвет, усл. ед.	Температура плавления, °С	Содержание, %		
			Масел	серы	ароматических углеводородов
Без ультразвука (контроль)	7,0	55,2	1,49	0,15	1,2
20	6,0	56,0	1,21	0,10	0,9
22	5,0	56,8	0,93	0,06	0,7
24	5,0	57,2	0,90	0,05	0,6

Таблица 2. Зависимость качественных показателей очищенных парафинов от температуры и ультразвукового воздействия

Температура, °С	Температура плавления, °С	Цвет усл.ед.	Содержание, % общей массы		
			Масел	серы	ароматических углеводородов
Без ультразвукового воздействия					
70	54,8	8,0	1,53	0,17	1,29
90	55,2	7,0	1,49	0,15	1,21
110	55,6	7,0	1,46	0,14	1,18
С ультразвуковым воздействием частотой 22кГц					
70	56,0	6,0	1,05	0,08	0,79
90	56,8	5,0	0,93	0,06	0,71
110	57,1	5,0	0,90	0,05	0,67

Температура процесса очистки парафинов считается одним из важных параметров, влияющих на эффект кавитации при ультразвуковом излучении. Нами исследовано ее влияние в сочетании с ультразвуковым воздействием на качество очистки парафинов. При этом условия опытов оставались прежними, лишь с изменением температуры в пределах 70–110°С (табл. 2).

Как видно, повышение температуры процесса очистки парафина с 70 до 110 °С по сравнению с ультразвуковым воздействием мало влияет на физико-химические показатели. Анализ представленных данных показывает, что повышение температуры с 90 до 110°С как с ультразвуковым воздействием частотой 22 кГц, так и без него (контроль) практически незначительно меняет качественные показатели получаемых парафинов. Это подтверждает целесообразность ограничения температуры дан-

ного процесса в пределах 90–100°С.

Механизм воздействия ультразвуковых колебаний на используемые адсорбенты можно объяснить проникновением, т.е. сорбцией колеблющихся пузырьков (сорбатов) в поры и зазоры твердых частиц. «Звуковой ветер» вызывает интенсивное перемещение адсорбентов, что повышает их сорбционную активность.

Как видно из данных табл. 1 и 2, для повышения эффективности адсорбционной очистки парафина необходимо подбирать оптимальные значения температуры, ультразвуковые колебания в пределах 20–24 кГц.

Таким образом, результаты проведенных исследований позволяют рекомендовать ультразвуковое излучение для интенсификации процесса контактной очистки парафинов и повышения их качества.

Литература:

1. Агронат Б.А. Ультразвуковая технология. М.: Металлургия, 1974. 215 с.
2. Майер В.В. Простые опыты с ультразвуком. М.: Наука, 1978. 160 с.
3. Клубович В.В. Ультразвук в технологии. М.: Знание, 1977. 64 с.
4. ГОСТ 23683-89. Парафины нефтяные твердые. М.: Стандарт, 1989. 8 с.

Влияние гауссовой кривизны подвеса поплавкового гироскопа на упругую податливость в акустическом поле

Шибеецкий Владислав Юрьевич, ассистент
Киевский политехнический институт (Украина)

Летательные аппараты, такие как Тактическая Палубная Авиация (ТПА), Стратегическая бомбардировочная авиация (СБА), ракеты класса «воздух-воздух», зенитные управляемые ракеты, ракеты класса «вода-воздух», движущихся по пониженным траекториям со сверхзвуковой скоростью, и другие реактивные аппараты образуют аэродинамический поток, который порождает звуковой удар [1].

Доказано, что при пространственном волновом воздействии на подвес, например, проникающего акустического излучения высокой интенсивности, механические системы переходят в разряд *импедансных* и возникающее упруго-напряженное состояние подвеса гироскопа воспринимается им как полезный сигнал, на самом деле являясь *ложным*. Объяснения природы этого явления базируются на необходимости учета одновременного действия не менее двух факторов — например, проникающего акустического излучения и кинематического возмущения, действующего на прибор со стороны фюзеляжа [2]. Отсюда и расчетные модели получают особенности, обусловленные имеющимся соотношением длины полуволны пространственного возмущения и габаритных размеров элемента. Очевидной становится необходимость учета также таких явлений как парусность и остаточная плавучесть, зон каустик и т.п.

Нулевая гауссова кривизна является причиной возникновения значительных колебательных процессов на поверхности подвеса по трем направлениям. Очевидно, что имеет место взаимное влияние колебаний [3].

Уменьшение амплитуд генерируемых колебаний приведет к изменению напряженного состояния подвеса и, следовательно, к уменьшению *ложной* угловой скорости, которая является следствием этого состояния.

Целью данного исследования является анализ влияния гауссовой кривизны подвеса поплавкового гироскопа на уровень генерируемых в подвесе колебательных процессов. Для конкретности форма поплавкового подвеса выполнена в виде катеноида.

Количественный анализ динамики поверхности поплавкового подвеса в акустическом поле проведено для случая плоской монохроматической волны избыточного давления. Результаты взаимодействия с плоской волной могут быть легко обобщены на случай диффузного акустического поля операцией усреднения по Пэрису.

Для численного анализа используется расчетная модель, аналогом которой служит датчик угловых скоростей класса ДУС с жидкостатическим подвесом, который изготавливается серийно авиационной промышленностью [4]. Для конкретности принято: $l = 0,06$ м; $R = 0,015$ м;

$\nu = 0,32$; $h = 1 \cdot 10^{-4}$ м; $E = 7 \cdot 10^{10}$ Н/м²; $\rho = 2,7 \cdot 10^3$ Н/м³; $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \frac{\pi}{6}$ рад; $k_{01} = \frac{\omega}{c} = \frac{\omega}{330}$ м⁻¹; $A = 0,7$; $B = 0,3$; $\pi \approx 3$.

Радиус R будет функцией координаты z , т.е.

$$R = R_0 - \delta \sin \pi z,$$

где δ — прогиб образующей цилиндра в среднем шпангоуте; z — безразмерная координата протяженности подвеса.

Для конкретности принято: $\delta = 2 \cdot 10^{-3}$ м, $R = 0,015$ м.

Вариативные составляющие:

$$P_{10} \rightarrow \text{var} :$$

$$P_{10} = 1 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2; P_{10} = 2 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2; P_{10} = 3 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2; P_{10} = 4 \cdot 10^2 \text{ Н/м}^2;$$

$$\omega \rightarrow \text{var} \quad \text{от } 600 \text{ до } 6 \cdot 10^3 \text{ с}^{-1} \text{ с шагом } 600;$$

$$\varphi \rightarrow \text{var} \quad \text{от } 0 \text{ до } 2\pi \text{ рад с шагом } 0,05;$$

$$z \rightarrow \text{var} \quad \text{от } 0 \text{ до } 1 \text{ с шагом } 0,05.$$

Расчеты проводились с использованием пакета Mathcad. В соответствии с расчетной моделью была разработана программа обработки данных.

Значение максимальных упругих перемещений $U_{z \max}$, $U_{\varphi \max}$, W_{\max} приведены в табл. 1, табл. 2, табл. 3 соответственно.

Как видно из приведенного, для гауссовой кривизны $k = 1,316$ м⁻² максимальные значения упругих перемещений поверхности вдоль параллели и вдоль протяженности подвеса под действием плоской акустической волны практически такие же, как и для классического кругового цилиндра. В то же время, значение прогибов в плоскости шпангоута уменьшились практически в два раза и составили $0,78 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 100$ Н/м², $1,57 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 200$ Н/м², $2,35 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 300$ Н/м² и $3,13 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 400$ Н/м².

Максимальные значения упругих перемещений $U_{z \max}$ вдоль протяженности равны на частоте звуковой волны $\omega = 3000$ с⁻¹ соответственно $0,2 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 100$ Н/м², $0,4 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 200$ Н/м², $0,6 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 300$ Н/м² и $0,8 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 400$ Н/м².

Максимальные перемещения $U_{\varphi \max}$ на частоте 3000 с⁻¹ достигают значений — $1,2 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 100$ Н/м², $2,4 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 200$ Н/м², $3,6 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 300$ Н/м² и $4,8 \cdot 10^{-2}$ мкм при $P_{10} = 400$ Н/м².

Внешний вид упруго-деформируемой поверхности подвеса для стационарной задачи ($P_{10} = 100$ Н/м², $\omega = 600$ с⁻¹, $\omega = 3000$ с⁻¹, $\omega = 6000$ с⁻¹) изображен на рис. 1.

Внешний вид подвеса катеноидной формы для значений акустического давления в 200 Н/м², 300 Н/м², 400 Н/м², изображен на рис. 2.

Таблица 1. Максимальные упругие перемещения $U_{z\max}$

ω, c^{-1}	$U_{z, M}$			
	$P_{10} = 100 H/M^2$	$P_{10} = 200 H/M^2$	$P_{10} = 300 H/M^2$	$P_{10} = 400 H/M^2$
600	$0,473 \cdot 10^{-8}$	$0,946 \cdot 10^{-8}$	$1,419 \cdot 10^{-8}$	$1,892 \cdot 10^{-8}$
1200	$0,4344 \cdot 10^{-8}$	$0,8688 \cdot 10^{-8}$	$1,3032 \cdot 10^{-8}$	$1,7376 \cdot 10^{-8}$
1800	$0,3734 \cdot 10^{-8}$	$0,7468 \cdot 10^{-8}$	$1,1202 \cdot 10^{-8}$	$1,4936 \cdot 10^{-8}$
2400	$0,295 \cdot 10^{-8}$	$0,59 \cdot 10^{-8}$	$0,885 \cdot 10^{-8}$	$1,18 \cdot 10^{-8}$
3000	$0,2052 \cdot 10^{-8}$	$0,4104 \cdot 10^{-8}$	$0,6156 \cdot 10^{-8}$	$0,8208 \cdot 10^{-8}$
3600	$0,1106 \cdot 10^{-8}$	$0,2212 \cdot 10^{-8}$	$0,3318 \cdot 10^{-8}$	$0,4424 \cdot 10^{-8}$
4200	$-0,02501 \cdot 10^{-8}$	$-0,05002 \cdot 10^{-8}$	$-0,07503 \cdot 10^{-8}$	$-0,10004 \cdot 10^{-8}$
4800	$-0,06607 \cdot 10^{-8}$	$-0,13214 \cdot 10^{-8}$	$-0,19821 \cdot 10^{-8}$	$-0,26428 \cdot 10^{-8}$
5400	$-0,137 \cdot 10^{-8}$	$-0,274 \cdot 10^{-8}$	$-0,411 \cdot 10^{-8}$	$-0,548 \cdot 10^{-8}$
6000	$-0,191 \cdot 10^{-8}$	$-0,382 \cdot 10^{-8}$	$-0,573 \cdot 10^{-8}$	$-0,764 \cdot 10^{-8}$

Таблица 2. Максимальные упругие перемещения $U_{\varphi\max}$

ω, c^{-1}	$U_{\varphi, M}$			
	$P_{10} = 100 H/M^2$	$P_{10} = 200 H/M^2$	$P_{10} = 300 H/M^2$	$P_{10} = 400 H/M^2$
600	$1,252 \cdot 10^{-8}$	$2,504 \cdot 10^{-8}$	$3,756 \cdot 10^{-8}$	$5,008 \cdot 10^{-8}$
1200	$1,246 \cdot 10^{-8}$	$2,492 \cdot 10^{-8}$	$3,738 \cdot 10^{-8}$	$4,984 \cdot 10^{-8}$
1800	$1,237 \cdot 10^{-8}$	$2,474 \cdot 10^{-8}$	$3,711 \cdot 10^{-8}$	$4,948 \cdot 10^{-8}$
2400	$1,225 \cdot 10^{-8}$	$2,45 \cdot 10^{-8}$	$3,675 \cdot 10^{-8}$	$4,9 \cdot 10^{-8}$
3000	$1,212 \cdot 10^{-8}$	$2,424 \cdot 10^{-8}$	$3,636 \cdot 10^{-8}$	$4,848 \cdot 10^{-8}$
3600	$1,198 \cdot 10^{-8}$	$2,396 \cdot 10^{-8}$	$3,594 \cdot 10^{-8}$	$4,792 \cdot 10^{-8}$
4200	$1,185 \cdot 10^{-8}$	$2,37 \cdot 10^{-8}$	$3,555 \cdot 10^{-8}$	$4,74 \cdot 10^{-8}$
4800	$1,173 \cdot 10^{-8}$	$2,346 \cdot 10^{-8}$	$3,519 \cdot 10^{-8}$	$4,692 \cdot 10^{-8}$
5400	$1,163 \cdot 10^{-8}$	$2,326 \cdot 10^{-8}$	$3,489 \cdot 10^{-8}$	$4,652 \cdot 10^{-8}$
6000	$1,154 \cdot 10^{-8}$	$2,308 \cdot 10^{-8}$	$3,462 \cdot 10^{-8}$	$4,616 \cdot 10^{-8}$

Таблица 3. Максимальные упругие перемещения W_{\max}

ω, c^{-1}	$W_{, M}$			
	$P_{10} = 100 H/M^2$	$P_{10} = 200 H/M^2$	$P_{10} = 300 H/M^2$	$P_{10} = 400 H/M^2$
600	$0,7837 \cdot 10^{-8}$	$1,5674 \cdot 10^{-8}$	$2,3511 \cdot 10^{-8}$	$3,1348 \cdot 10^{-8}$
1200	$0,7817 \cdot 10^{-8}$	$1,5634 \cdot 10^{-8}$	$2,3451 \cdot 10^{-8}$	$3,1268 \cdot 10^{-8}$
1800	$0,7785 \cdot 10^{-8}$	$1,557 \cdot 10^{-8}$	$2,3355 \cdot 10^{-8}$	$3,114 \cdot 10^{-8}$
2400	$0,7743 \cdot 10^{-8}$	$1,5486 \cdot 10^{-8}$	$2,3229 \cdot 10^{-8}$	$3,0972 \cdot 10^{-8}$
3000	$0,7694 \cdot 10^{-8}$	$1,5388 \cdot 10^{-8}$	$2,3082 \cdot 10^{-8}$	$3,0776 \cdot 10^{-8}$
3600	$0,7639 \cdot 10^{-8}$	$1,5278 \cdot 10^{-8}$	$2,2917 \cdot 10^{-8}$	$3,0556 \cdot 10^{-8}$
4200	$0,7582 \cdot 10^{-8}$	$1,5164 \cdot 10^{-8}$	$2,2746 \cdot 10^{-8}$	$3,0328 \cdot 10^{-8}$
4800	$0,7526 \cdot 10^{-8}$	$1,5052 \cdot 10^{-8}$	$2,2578 \cdot 10^{-8}$	$3,0104 \cdot 10^{-8}$
5400	$0,7471 \cdot 10^{-8}$	$1,4942 \cdot 10^{-8}$	$2,2413 \cdot 10^{-8}$	$2,9884 \cdot 10^{-8}$
6000	$0,7412 \cdot 10^{-8}$	$1,4824 \cdot 10^{-8}$	$2,2236 \cdot 10^{-8}$	$2,9648 \cdot 10^{-8}$

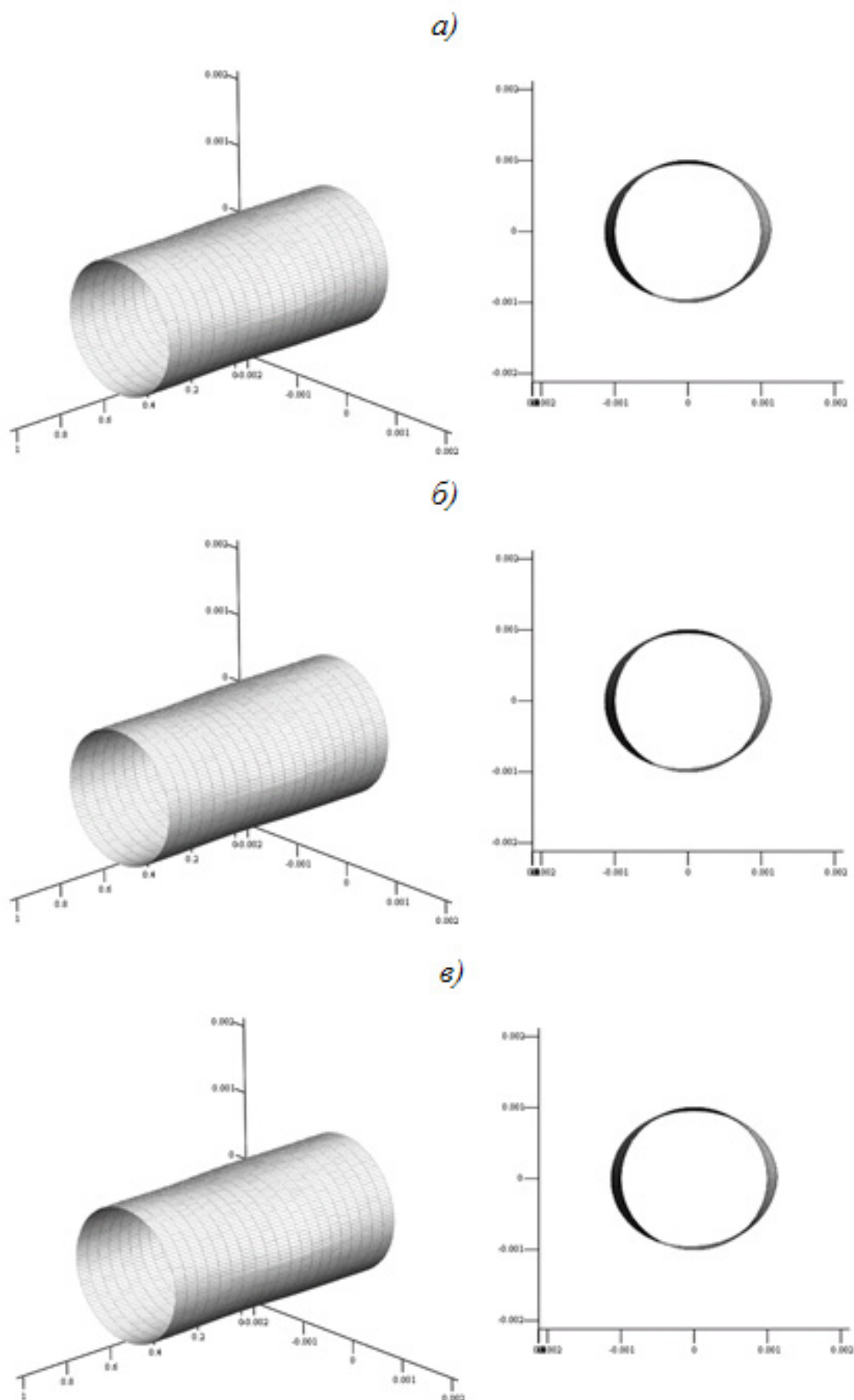


Рис. 1. Поверхность поплавкового подвеса в форме катеноида в аксонометрии и фронтальной плоскости при $P_{10} = 100 \text{ Н/м}^2$: а) $\omega = 600 \text{ с}^{-1}$, б) $\omega = 3000 \text{ с}^{-1}$, в) $\omega = 6000 \text{ с}^{-1}$

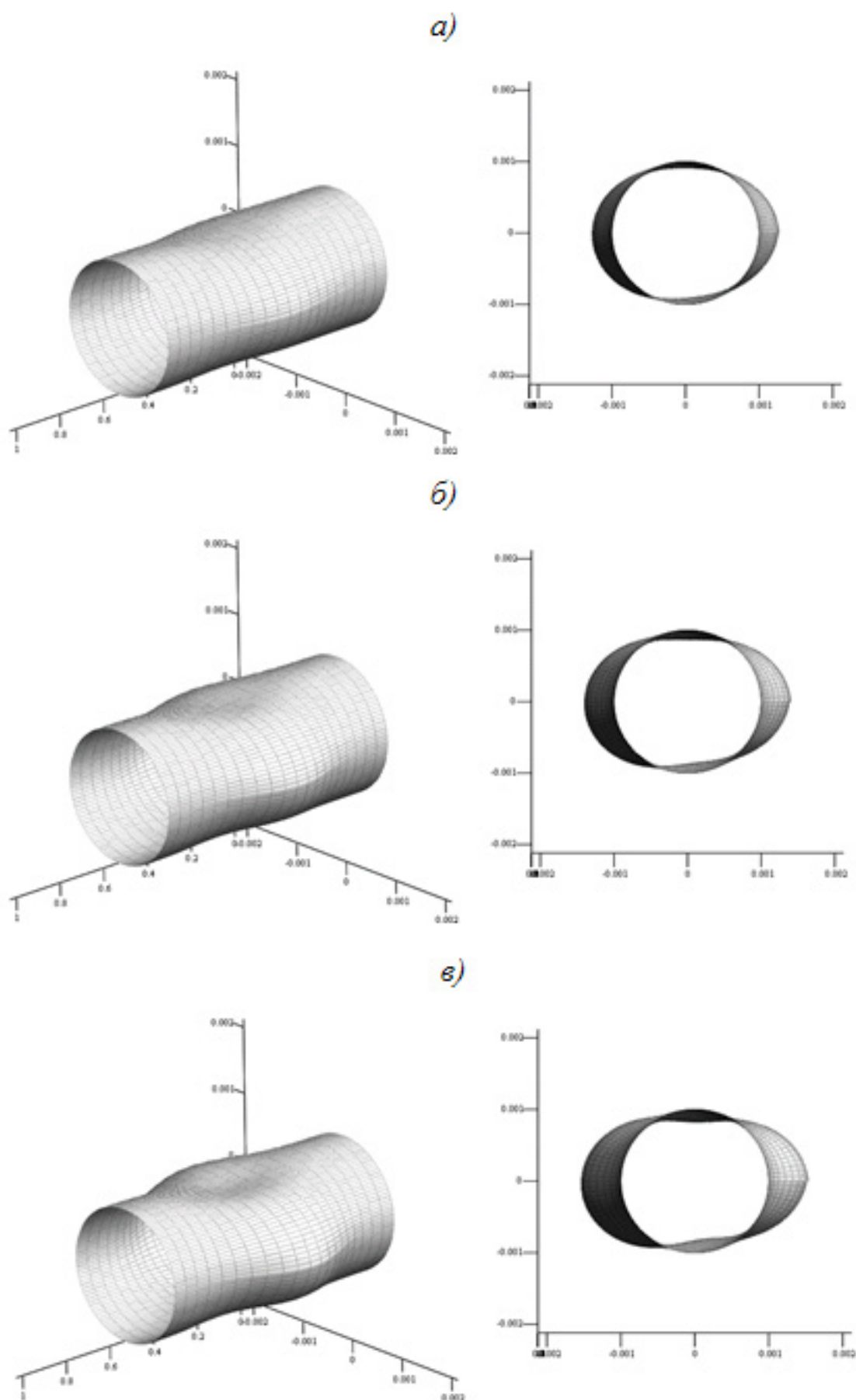


Рис. 2. Поверхность подвеса под действием различных уровней акустического давления при $\omega = 3000 \text{ с}^{-1}$: а) $P_{10} = 200 \text{ Н/м}^2$ б) $P_{10} = 300 \text{ Н/м}^2$ в) $P_{10} = 400 \text{ Н/м}^2$

Очевидно, что повышение уровня избыточного давления приводит к увеличению упругих перемещений поверхности подвеса поплавкового гироскопа и, как следствие, к росту напряженного состояния поверхности поплавка, воспринимаемого гироскопом как полезный сигнал.

Литература:

1. Ишлинский, А.Ю. Ориентация, гироскопы и инерциальная навигация [Текст] / Ин-т проблем механики Российской акад. наук. — М.: Наука, 1976. — 671 с. — Библиогр.: с. 661—666.
2. Карачун В.В. Дифракция звуковых волн на подвесе гироскопа / В.В.Карачун, В.Г. Лозовик, В.Н. Мельник ; Нац. техн. ун-т Укр. «КПИ». — К.: «Корнейчук», 2000. — 176 с. — Библиогр.: с. 153—155.
3. Шендеров Е.Л. Прохождение звуковой волны через упругую цилиндрическую оболочку [Текст] // Акустический журнал. — 1963. — 9. — Вып. 2. — С. 47—49.
4. Карачун В.В. Задачі супроводу та маскування рухомих об'єктів [Текст] / В.В. Карачун, В.Н. Мельник ; Нац. техн. ун-т Укр. «КПИ». — К.: «Корнейчук», 2011. — 263 с. — Библиогр.: с. 261—263.

О реконструкции исторического центра Москвы

Яргина Зоя Николаевна, доктор архитектуры, профессор
Московский архитектурный институт

Яргин Сергей Вадимович, кандидат технических наук, доцент
Российский университет дружбы народов (г. Москва)

В течение последних двух десятилетий в центре Москвы и других старинных городов проводилась реконструкция. Центр Москвы продолжает уплотняться за счет строительства офисных и жилых зданий, что сопровождается увеличением притока автомобилей к центру и транспортными заторами [1—3]. Экономическое развитие сопровождалось значительным ростом цен на недвижимость. Крупные инвесторы покупают квартиры в историческом центре Москвы, выполняют евроремонт с перепланировкой, нередко с целью сдачи квартир в поднаем. Квартиры на первых этажах выводят из жилого фонда и превращают в офисы. Этот процесс сопровождается переселением прежних жителей. Принятию решения о смене места жительства способствовали слухи о предстоящем сносе или капитальном ремонте с выселением, а также часто повторяемые фразы вроде: «Деревянные перекрытия сгнили» или «канализационные трубы забиты ржавчиной и требуют замены». При этом используется неосведомленность жителей в технических вопросах. Гниение деревянных частей зданий может быть полностью предотвращено, если исключить их увлажнение. В Западной Европе сохраняется большое количество домов XVIII века и старше с деревянными несущими конструкциями. Для оправдания капитальных ремонтов и реконструкций муссируется тема «грибка», который якобы растет в старых зданиях и выделяет вредные для жителей вещества, что не соответствует действительности [3]. На самом деле, именно евроремонты способствуют росту плесени в старых домах, поскольку протечки долгое время остаются незаметными под современными покрытиями. В условиях частых протечек предпочтительны бумажные

обои и меловая побелка: на них протечки видны сразу. Что касается засорения канализационных труб, то частой причиной этого в наши дни служит строительный мусор от евроремонтов, в особенности, куски плитки, попадающие в канализационный стояк при замене унитаза недостаточно профессиональными исполнителями.

Известны случаи, когда засорение канализационного стояка куском плитки вызывало многократные затопления квартир канализационным содержимым. Механизмы возмещения ущерба функционируют в таких случаях неэффективно, домоуправления нередко избегают конфликтов с крупными инвесторами. При возмещении ущерба страховыми компаниями, архитектурно-историческая ценность поврежденной квартиры и возможные расходы на реставрацию (например, лепнины на потолке после повторных протечек) в расчет не принимаются. Новые владельцы по своему усмотрению производят «евроремонты», реконструкции подъездов и лестничных клеток, не считаясь с тем, что при этом видоизменяется подлежащий охране интерьер. Владельцы недвижимости пока недостаточно осознают хорошо известный архитекторам факт, что подлинный облик старинных зданий имеет более высокую эстетическую, историческую, и, соответственно, коммерческую ценность по сравнению с псевдотрадиционной имитацией или современным интерьером в старом доме. При постоянной заботе о памятнике архитектуры необходимости реставрации вообще не возникает; требуются только меры консервирующего и косметического характера.

В домах появляются «инициативные группы», которые манипулируют жителями с целью расторжения имею-



Рис. 1. Реконструкция квартиры на первом этаже старого дома под офис. Мусор попадает в унитаз, которым пользуются строители. Впоследствии имели место засоры канализации и затопления расположенных выше квартир

щихся соглашений с управляющими организациями (домоуправлениями, ДЕЗ) и создания товариществ собственников жилья (ТСЖ). Инициативные группы прибегают к незаконным приемам: под разными предлогами собирают деньги без выдачи квитанций, а также собирают подписи на чистых листах бумаги: «Распишитесь, что мы пригласили Вас на собрание»; «Распишитесь, что Вы сдали деньги» и т.п. Собранные таким путем подписи могут использоваться, например, для получения разрешений на размещение офисов и магазинов в подвальных помещениях, вопреки Ст. 36 Жилищного кодекса Российской Федерации, согласно которой объекты общего имущества могут быть переданы в пользование иным лицам по решению собственников помещений в многоквартирном доме. Согласно Ст. 36 Жилищного Кодекса, подвалы, при наличии в них инженерных коммуникаций, находятся в общей собственности владельцев квартир. Согласие на размещение офисов у владельцев квартир никто не спрашивает, а плата за техническое обслуживание не снижается, несмотря на увеличение нагрузки на инженерные коммуникации за счет новых пользователей. Более того, в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 392 от 30 июля 2004 года, в число работ, выполняемых бесплатно за счет ежемесячной платы за техническое обслуживание, входит установка, замена и восстановление

внутренней системы отопления и водоснабжения, в том числе, запорно-регулирующей арматуры на внутриквартирной разводке. Вопреки названному постановлению, эти работы часто бесплатно не выполняются, а квитанции за полученные суммы жильцам не выдаются. Согласно Статье 137 Жилищного Кодекса, ТСЖ вправе определять смету расходов на капитальный ремонт и реконструкцию многоквартирного дома, а также устанавливать размеры платежей и взносов для каждого собственника на основе принятой сметы. В соответствии с этой формулировкой, жителей можно обязать оплачивать реконструкцию дома, который они хотели бы сохранить в первоначальном об- лике.

В связи с наплывом мигрантов и развитием международного экономического сотрудничества, растут цены на сдаваемое жилье. Все больше квартир и комнат в центре города сдаются поднайма-телям. Сдача жилья в поднаем, даже если она производится законно с уплатой налогов, связана с рядом нерешенных вопросов. При отсутствии поднайма-телей сдаваемые квартиры часто пустуют. В случае протечки или другой аварии хозяев бывает трудно найти. Вскрытие железной двери при аварии занимает много времени. Домоуправления и управляющие компании стараются избегать вскрытия дверей, по-видимому, также в связи с тем, что многие квартиры находятся на ох-



Рис. 2. Доходный дом М.И. Бабанина, 1912–1913 гг. (Климентовский переулок д. 6), признанный объектом культурного наследия. В подвалах и на первых этажах располагаются офисы и магазины; в некоторые из них пробиты отдельные входы через капитальную стену

ране. Охранные фирмы не выдают ключи никому кроме хозяев даже в случае аварии, предлагая обращаться в аварийную службу. Разумным решением было бы обязательное оставление ключей в домоуправлении при длительном отсутствии жильцов в квартирах.

Следует упомянуть также предлагаемый Мосгорнаследием на подпись владельцам квартир в домах, признанных памятниками архитектуры или объектами культурного наследия, под угрозой административной ответственности в случае отказа, стандартный текст «Охранного обязательства собственника объекта культурного наследия». Согласно этому документу, под угрозой санкций вплоть до отчуждения собственности, владельцы квартир должны «выполнять за счет собственных средств силами специализированных лицензированных организаций ремонтно-реставрационные, противоаварийные и иные работы по сохранению Объекта». Соответственно, владельцев квартир можно обязать выполнять ремонтно-реставрационные работы в связи с повреждениями, возникшими не по их вине. В своем письме в Мосгорнаследие мы отметили, что, согласно вышеупомянутому Постановлению № 392 от 30 июля 2004 г., ремонтные, противоаварийные и другие названные в этом Постановлении работы должны выполняться бесплатно Управляющей организацией (ДЕЗ) в счет ежемесячной платы за техническое обслужи-

вание. Что касается реставрационных работ, то в соответствии с Федеральным Законом 73-ФЗ Об объектах культурного наследия от 24 мая 2002 года (Статья 13 пункт 1), они должны выполняться за счет федерального бюджета и внебюджетных поступлений. К внебюджетным поступлениям в первую очередь относятся средства, поступающие от расположенных в доме фирм и офисов. Следует отметить, что офисы иногда располагаются в квартирах без соответствующих разрешений и без уплаты налогов, что касается также сдачи жилья в поднаем и других видов предпринимательства, осуществляемого на квартирах. Средства, получаемые от расположенных в доме офисов и магазинов, могут быть направлены на ремонтно-реставрационные работы. Охранное обязательство собственника объекта культурного наследия в его теперешней формулировке представляет собой, по сути дела, инструмент давления на коренных жителей исторического центра города с целью побудить их к продаже квартиры и смене места жительства. При этом Мосгорнаследие не принимает мер против капитальных ремонтов, перепланировок квартир и реконструкции исторических зданий с искажением исторического облика и утратой подлинности подлежащих охране элементов. Следует отметить, что именно коренные жители в среднем наиболее заинтересованы в сохранении исторического облика зданий.



Рис. 3. Проект отдельного входа в офис, расположенный в квартире на первом этаже дома, показанного на Рис. 2

В качестве примера можно привести дом № 6 по Климентовскому переулку в Москве (Доходный дом М.И. Бабанина, 1912–1913 гг., архитектор Э.К. Нирнзее), признанный объектом культурного наследия (Рис. 2). Дом представляет собой замечательный пример московской эклектики с элементами классицизма и модерна, является неотъемлемой частью исторического района Замоскворечье, немало пострадавшего от реконструкций и но-

востроек советского и послесоветского времени. Часть квартир на первом этаже переводят в нежилой фонд иногда с пробитием отдельных входов через капитальную стену (Рис. 2,3). Активисты «инициативной группы» проводят по данному вопросу собрания, обходят квартиры, собирают подписи под длинными посланиями в государственные учреждения. В прошлом те же лица агитировали за капитальный ремонт и реконструкцию здания, строительство

дополнительных этажей (надстройки), собирали с жильцов деньги и подписи на пустых листах, которые, по-видимому, использовались для получения разрешений на размещение в подвалах офисов и магазинов, а также для собственного «избрания» старшими по дому и по подъездам. Очевидно, что инициативные группы действуют в интересах инвесторов, которые покупают в доме квартиры, производят перепланировки часто с повреждением соседних квартир. Своими письмами в государственные учреждения они только мешают их работе. Эти послания содержат не реальные требования (запретить перевод помещений в нежилой фонд и др.) и составлены таким образом, чтобы воспрепятствовать принятию решений в интересах жильцов дома. Помешать размещению фирм и офисов на первых этажах и в подвалах жилых домов в настоящее время невозможно; в этом также нет необходимости. Такое размещение, в принципе, не противоречит интересам жителей. Главное, чтобы денежные средства от размещаемых в доме фирм поступали не в карманы «активистов», а в управ-

ляющие организации (домоуправления), использовались в интересах жителей, а также для сохранения старинных домов. Размер поступлений должен быть определен договорами, доступными для ознакомления владельцам квартир. При этом должны платиться налоги. Пробивать отдельные входы в офисы и магазины через капитальные стены (Рис. 2,3) в домах-памятниках архитектуры недопустимо; однако посетители могут ходить в офисы через двери подъездов: в этом случае предприниматели будут следить за исправностью дверей и замков, за чистотой и порядком на первых этажах. В заключение следует отметить, что за активистами и новыми владельцами нередко стоят лидеры мигрантов, которые таким образом подбираются к московской недвижимости в ущерб интересам москвичей. Антирусская по своей сути деятельность прикрывается патриотической шумихой: не впервые в нашей истории. Таковы механизмы, ведущие к реконструкции исторического центра Москвы и других старинных городов, к утрате и искажению архитектурного наследия.

Литература:

1. Яргина З.Н., Яргин С.В. Два ядра вместо одного центра. Архитектура и строительство Москвы, 2009, № 3, стр. 54–58.
2. Яргин С.В. О механизмах реконструкции Москвы. Архитектура и строительство Москвы, 2011, № 1, стр. 41–45. <http://annamoss.ru/o-mehanizmah-rekonstrukcii-moskvy>
3. Jargin S. Moscow reconstruction: some mechanisms. Domus Magazine 2010; V. 934, p. 125–126. <http://www.domusweb.it/en/news/m-i-babanin-s-apartment-house-ongoing-transformation/>
4. Яргин С.В. Плесень в жилых помещениях: гигиенические и строительные аспекты. Украинский медицинский журнал, 2011, № 2 (82), стр. 119–120. <http://www.umj.com.ua/article/10737/plesen-v-zhilyx-pomeshheniyax-gigienicheskie-i-stroitelnye-aspekty>

ИНФОРМАТИКА

Метод выявления информационных связей в программном обеспечении

Дараган Евгений Игоревич, аспирант
Тульский государственный университет

В докладе рассматривается методика выявления информационных зависимостей в программном коде. Уделяется внимание процессу анализа исходного текста программы, описывается алгоритм построения графа информационных связей, а также приводится пример, иллюстрирующий этапы выявления информационных зависимостей. Приводится ряд направлений, для которых рассматриваемая методика имеет высокую степень применимости. Одной из таких задач является задача оптимизации сложности вычислений, при решении которой необходимо учитывать как все возможные скрытые зависимости состояний по данным, так и выполнение операций в их логической последовательности.

Выявление скрытых зависимостей в программном обеспечении является основополагающим этапом проведения верификации программы и позволяет получить полную схему взаимодействия различных функциональных блоков программного обеспечения. Таким образом, построение графа информационных зависимостей программы является одним из возможных подходов решению проблемы распараллеливания вычислений. Кроме того, предложенная методика хорошо применима в области верификации программного обеспечения [1]. Граф информационных зависимостей позволяет учитывать все особенности логической и информационной структуры программы, что является основным аспектом при построении моделей программы [2].

Введение

Постоянное повышение мощности компьютерных систем приводит к тому, что задачи, которые еще в недалеком прошлом не могли быть решены в реальном масштабе времени, успешно решаются благодаря использованию параллельных алгоритмов, реализуемых на многопроцессорных системах, обладающих высоким быстродействием. Современное программное обеспечение характеризуется высокой степенью параллелизма протекающих в нём процессов. Выполняясь одновременно и независимо, между ними возможно взаимодействие в не-

которые моменты времени, т.е. программное обеспечение является системой, с параллельно функционирующими и асинхронно взаимодействующими компонентами.

Бурное развитие многопроцессорных систем и накопленный багаж последовательных алгоритмов делают актуальной задачу распараллеливания существующих императивных алгоритмов. Её решение предлагается разделить на два этапа: анализ исходного кода и синтез параллельной системы. Анализ необходим для выявления скрытого параллелизма в исходной последовательной программе. Прежде всего, сюда включается выявление зависимостей по данным между операторами языка описания алгоритма. На этапе анализа могут собираться сведения о необходимом размещении данных в случае, если используется система с распределенной памятью. Кроме того, возможен сбор сведений о времени выполнения различных участков программы с целью выбора наилучшего варианта распараллеливания системы.

Методика построения графа информационных связей в программе

Любое императивное программное обеспечение, в общем случае, представляет собой набор операторов, которые выполняются в строго заданном порядке. Порядок их исполнения определяется алгоритмом работы приложения. Выделим следующие группы алгоритмов:

- Линейные алгоритмы. В коде отсутствуют логические переходы, операторы выполняются последовательно друг за другом;

- Алгоритмы разветвленной структуры. В коде программы присутствуют логические или безусловные переходы. Выполнение того или иного оператора зависит от введенного условия.

Алгоритм построения графа информационных зависимостей рассмотрим на примере кода, написанного на языке Pascal:

```
Var10 := 10; (s1)
Var2 := 100; (s2)
```

```

Var3 := var2; (s3)
Var6 := 1200 + Func1(var10); (s4)
Var11 := 200; (s5)
Var4 := var10 + Func1(200); (s6)
Var7 := var6 + var11; (s7)
Var1 := var2 + var3 + var4; (s8)
Var0 := var1 - var7 + 8; (s9)

```

Для построения информационных связей между состояниями программы разработанная методика предполагает выполнение следующих шагов:

1. Синтаксический разбор программы. На данном этапе анализируется исходный код программы, выявляются основные синтаксические конструкции. Результатом проведения синтаксического анализа становится синтаксическое дерево программы, расширенное рядом дополнительных показателей. К их числу относятся типы данных, количество дочерних узлов на текущей ветки дерева, уникальный номер функционального блока и его тип.

2. На втором этапе, используя синтаксическое дерево, выделяются все возможные состояния — изменения связи объектов данных (переменных) с их значениями. Изменение значений является побочным эффектом операции «присваивания», и во многих современных языках программирования сама операция также возвращает некоторый результат (как правило, копию присвоенного значения). На физическом уровне результат операции

присвоения состоит в проведении записи и перезаписи ячеек памяти или регистров процессора. Для таких пространственных языков программирования, как C, C++, Pascal, Delphi, состояния будем определять наличием в выражении оператора «=» (C, C++) или «:=» (Pascal, Delphi). В синтаксическом дереве выделяются узлы, имеющие указанные операторы.

3. Среди выделенных узлов определяют те, которые тем или иным образом зависят друг от друга. Критерием для поиска таких состояний являются участвующие в операции переменные. Другими словами, зависимость состояний от другого состояния выражается в том, в какой части выражения участвует рассматриваемая переменная. Для зависимых состояний, она справа (RValue) от оператора присваивания (записи). Осуществляя поиск вхождений каждой переменной программы в выделенные состояния, можно получить дерево зависимости состояний от переменных (Рис. 1). Отдельное место в процедуре поиска зависимостей выделяется для операторов работы с памятью, вызов процедур и функций. Такие операции в скрытом виде имеют возможность модификации переменных, что в свою очередь осложняет процесс построения дерева информационных связей.

4. Для каждого узла построенного на этапе 3 дерева осуществляется поиск состояний, в которых переменные участвуют в левой (LValue) части выражения, проводится

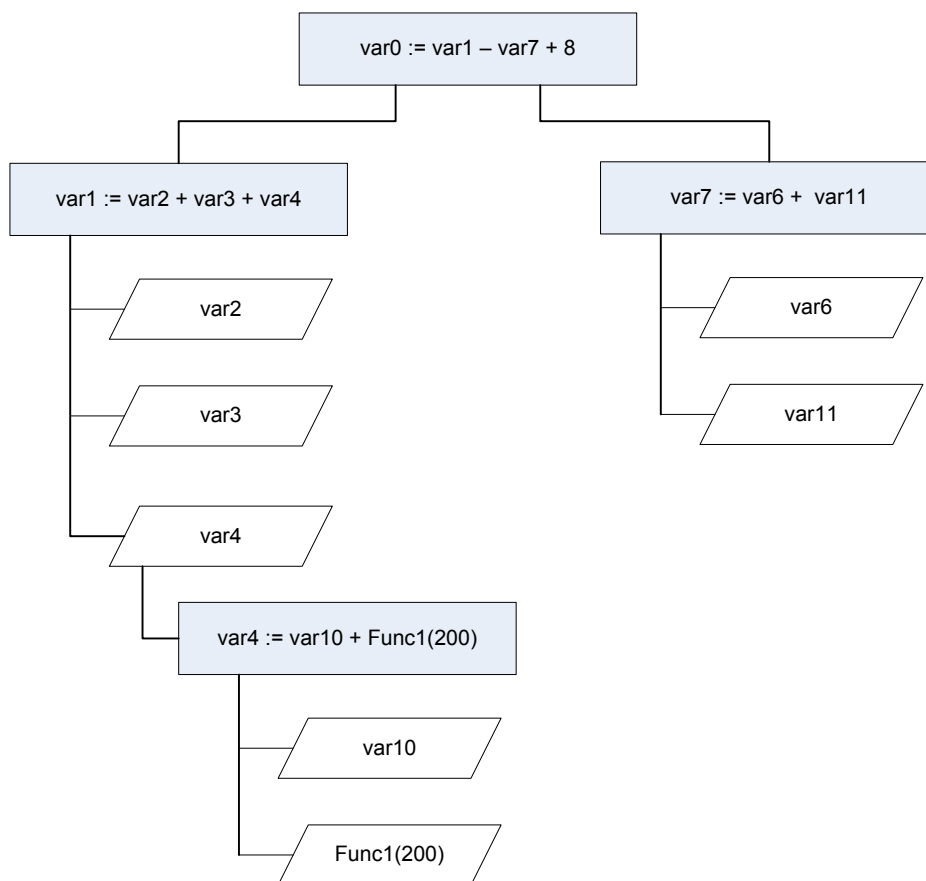


Рис. 1. Дерево зависимостей состояний от переменных

анализ вызовов процедуру и функций (рассматриваемая подпрограмма оценивается как дискретная, независимая программа). При этом учитываются все найденные ранее взаимосвязи «глобальных» переменных с подпрограммами в анализируемом коде. Совместив дерево зависимостей состояний от переменных и построенного на данном шаге дерева, имеется возможность построить искомое дерево зависимостей состояний от состояний (Рис. 2).

В результате анализа строится непосредственно граф зависимостей, вершинами которого являются выделенные состояния программы. Стоит отметить, что для упрощения построения графа, можно использовать таблицу, строками которой являются переменные, а столбцами — состояния. На пересечении строки и столбца ставится маркер, если переменная участвует в данном состоянии. Используя сформированную таблицу, можно упростить процесс построения будущего графа. Объясняется это тем, что состояния, не имеющие ни одного мар-

кера, не являются значимыми для построения модели программы, т.к. не могут влиять на ход выполнения операций.

При построении графа информационных зависимостей необходимо учитывать не только связи состояний по данным, но и логическую связь между ними. Две операции программы называются информационно зависимыми, если результат выполнения одной операции используется в качестве аргумента в другой. Очевидно, что если операция В информационно зависит от операции А (то есть, использует какие-то результаты операции А в качестве своих аргументов), то операция В может быть выполнена только по завершении операции А. С другой стороны, если операции А и В не являются информационно зависимыми, то алгоритмом не накладывается никаких ограничений на порядок их выполнения, в частности, они могут быть выполнены одновременно. Таким образом, задача распараллеливания программы сводится к нахождению в ней достаточного количества информа-

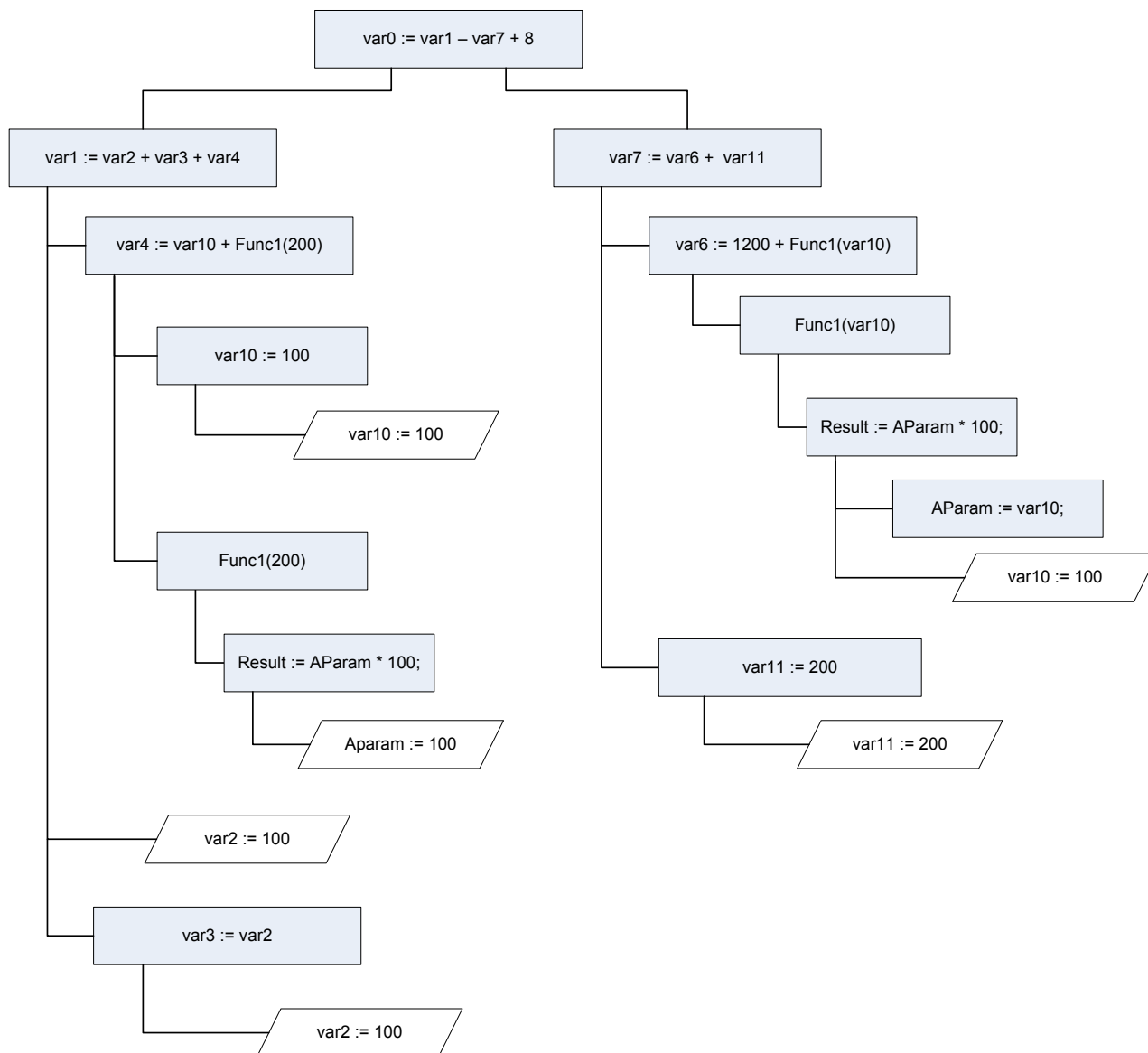


Рис. 2. Дерево зависимостей состояний программы

ционно независимых операций, распределению их между вычислительными устройствами, обеспечению синхронизации и необходимых коммуникаций. Это особенно важно в случаях, когда код написан с использованием ветвящихся алгоритмов. Переходы системы из состояния в состояние в таких программах зависят не только от результата выполнения предшествующей операции, но и логического условия, указанного в том или оном состоянии.

В общем случае, задача построения графа информационных зависимостей сводится к выявлению в программе всех возможных состояний, а также выяснению зависимостей между ними. При этом важной особенностью таких связей является то, что взаимодействие функциональных блоков системы происходит не только на основании передаваемых между ними данных, но и в строго определенном порядке. Вместе с этим, программа рассматривается как информационная система, имеющая конечное число функциональных модулей, механизм их взаимодействия, а также конечное число состояний.

Граф информационных зависимостей программы помимо решения задач одного из этапов процесса построения модели программы дает возможность получения различных схем распараллеливания вычислений. Одной из существенных характеристик параллельно выполняющихся частей кода является то, что между ними отсутствует зависимость по данным. Это позволяет говорить о том, что существует как минимум несколько вариантов параллельного исполнения программы. Выбор необходимой схемы обуславливает появление в методике неких оценок, являющимися критериями для выбора оптимального варианта распараллеливания вычислений. Получение адекватных оценок времени выполнения программ или их выделенных фрагментов важно для эффективного распараллеливания, планирования вычислительных процессов и распределения ресурсов масштабируемых систем, а также для оптимизации программ. Довольно часто временные характеристики программы исследуются на инструментальной системе, а затем делается прогноз динамики программы на целевой вычислительной платформе. Как правило, инструментальные средства для такого рода анализа представляют собой сложные программные комплексы, позволяющие выявлять узкие места в работе пользовательских программ и добиваться ускорения их выполнения за счет оптимизации, в том числе и путем структурных преобразований программ. В процессе распараллеливания вычислений необходимо достижение максимального использования имеющихся ресурсов. При этом общее время выполнения исполняемого кода в параллельных обрабатывающих модулях необходимо минимизировать.

Как было сказано выше, синтез параллельной системы включает выбор схемы распределения данных и вычислений, а также непосредственно генерацию текста параллельной программы с использованием подходящих инструментов. Решение задачи распараллеливания вы-

полнения блоков программы является сложной задачей. При ее разрешении необходимо учитывать как все возможные скрытые зависимости состояний по данным и требование выполнения операций в их логической последовательности, так и оптимальность использования имеющихся в системе ресурсов.

Среди существующих методов описания и анализа параллельных систем выделяется подход, основанный на использовании сетевых моделей. При построении моделей сложных систем со множеством состояний и переходов обязательным условием остаётся учёт таких её свойств как: случайность времени выполнения операции, возможность одновременного выполнения групп операторов, а также стохастический характер переходов. Для анализа и решения задач моделирования процесса функционирования динамических систем предлагается использовать сети Петри-Маркова [2].

Сеть Петри-Маркова называется структурно-параметрическая модель, заданная парой

$$\theta = \{\psi, \gamma\},$$

где ψ — множество резидентных свойств (структурно-параметрические характеристики); γ — множество вариационных свойств (характеристики состояния).

Резидентные свойства СПМ, в свою очередь, задаются парой

$$\psi = \{P, M\},$$

где P — сеть Петри [4]; M — случайный процесс.

Сеть Петри P определяет структуру СПМ, а случайный процесс M накладывается на структуру P и определяет временные и вероятностные характеристики СПМ.

Вариационные свойства модели раскрываются через четверку

$$\gamma = \{C, \Phi, \Xi, Q\},$$

где C — вектор раскраски позиций; Φ — вектор разметки; Ξ — вектор занятости; Q — упорядоченное множество очередности заявок.

Структура СПМ характеризуется одной из четверок:

$$P = \{A, Z, I_A(Z), O_A(Z)\},$$

или

$$M = \{A, Z, I_Z(A), O_Z(A)\},$$

где A — конечное множество позиций; Z — конечное множество переходов; $I_A(Z)$ и $O_A(Z)$ — соответственно входная и выходная функции переходов; $I_Z(A)$ и $O_Z(A)$ — соответственно входная и выходная функции позиций.

Высоким уровнем наглядности и удобства анализа обладает метод представления СПМ в виде ориентированных взвешенных биграфов, вид которых приведен на рис. 3. В указанных биграфах позиции обозначены кружочками, переходы — жирной чертой, возможность выполнения полужага отмечается стрелкой, над которой указывается плотность распределения времени и веро-

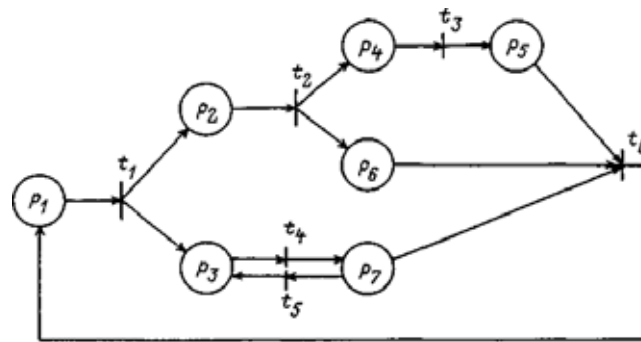


Рис. 3. Пример сети Петри-Маркова

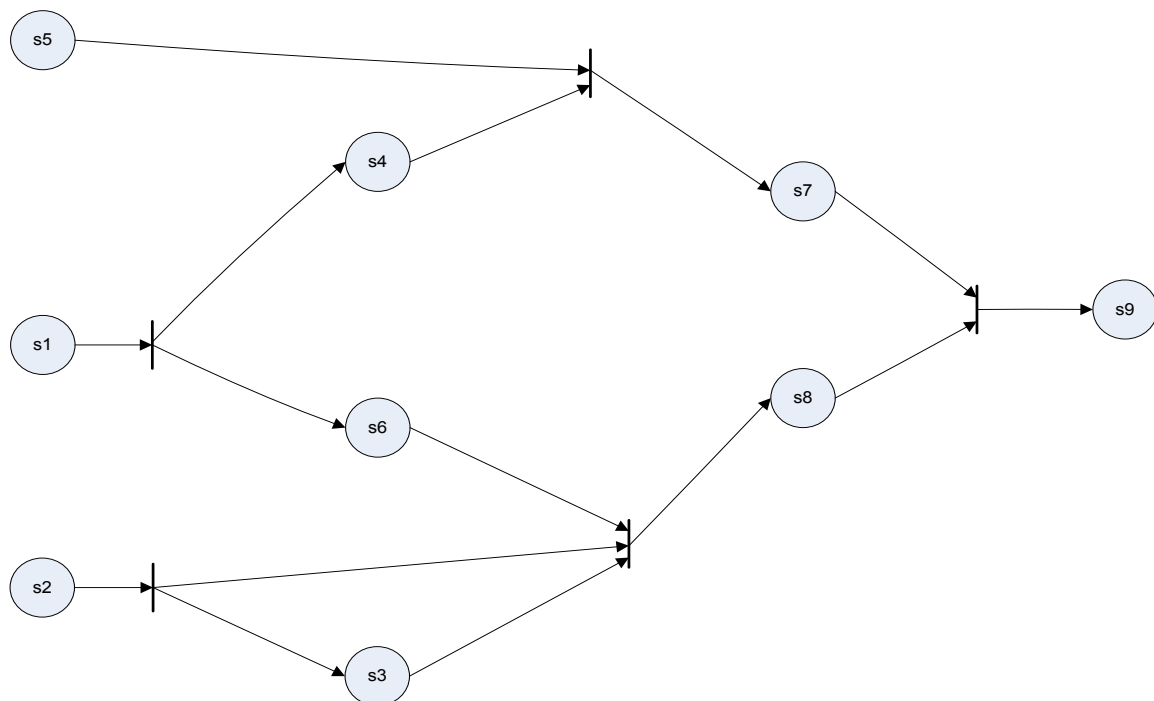


Рис. 4. Сеть Петри для рассматриваемого примера

ятность для выполнения полушага из позиции в переход или логические условия для выполнения полушага из перехода в позицию.

Представленный математический аппарат обладает необходимыми инструментами, позволяющими при моделировании учитывать все перечисленные ранее особенности программного обеспечения реального времени. Использование СПМ помимо ответа на вопрос о достижимости состояний, в которых может возникнуть фатальная для ПО ошибка, даёт возможность прогнозировать моменты перехода системы в эти состояния. Вероятностные и временные характеристики элементов моделей такого типа могут быть рассчитаны по структурно-параметрическим характеристикам исходных алгоритмов и логическим условиям продолжения функционирования процесса, а также по ограничениям на программные реализации алгоритмов.

Для рассматриваемого в данной статье примере программы, с использованием предлагаемой методики выявления информационных зависимостей, построим сеть Петри (Рис. 4). Сеть отражает все информационные зависимости в программе. Также, ее структура позволяет выделить в исходном коде блоки, выполнение которых возможно параллельно.

В рассматриваемом примере вычисление результатов в блоках s1, s2 может происходить параллельно. Также, отсутствуют зависимости по данным в s4, s6, s3, что говорит о том, что данные операции следует также выполнять обособленно и одновременно. При этом, вычисление s5 может производиться как параллельно с s1, s2, так и s4, s6, s3. Выбор схемы обработки операций и их порядок зависит от того, какие оценки эффективности и оптимальности были выбраны при запуске процесса распараллеливания.

При этом важным требованием остается максимально возможное использование имеющихся ресурсов.

Заключение

Рассмотренная методика построения графа информационных зависимостей предоставляет исчерпывающую информацию для получения различных схем распараллеливания вычислений. Использование для моделирования вычислительного процесса математического аппарата сетей Петри-Маркова позволяет значения оценок времени выполнения рассматриваемого варианта распараллеливания программы.

Модель программного обеспечения, построенная се-

тями Петри, учитывает такие характеристики как случайность времени выполнения операции, логические условия продолжения функционирования системы, параллельное выполнение вычислений, а также соблюдение условия достижимости любого из состояний. Последнее является одним из основных требований, предъявляемых к верифицируемой системе. Таким образом, совместное построение сети Петри и графа информационных зависимостей программы является одним из возможных подходов к решению проблемы распараллеливания вычислений. Граф информационных зависимостей позволяет учитывать все особенности логической и информационной структуры программы, что является основным аспектом при построении моделей программы [4].

Литература:

1. А.Н. Ивутин, Е.И. Дараган Основные подходы к верификации программного обеспечения реального времени // Известия ТулГУ. Серия: Технические науки. Вып. 2. — Тула: Изд. ТулГУ, 2011. — С. 563–567.
2. А.Н. Ивутин, Е.И. Дараган Применение сетей Петри и метода построения графа информационных зависимостей для решения задач верификации и распараллеливания вычислений // Известия ТулГУ. Серия: Технические науки. Вып. 5, ч. 2. — Тула: Изд. ТулГУ, 2011.
3. Е.В. Ларкин, Ю.И. Сабо Сети Петри-Маркова и отказоустойчивость авионики. — Тула: Тул. гос. ун-т. 2004. — 208 с.
4. В.С. Карпов, А.Н. Ивутин, Е.И. Дараган Сети Петри-Маркова и верификация программного обеспечения реального времени // Известия ТулГУ. Серия: Технические науки. Номер 4. — Тула: Изд. ТулГУ, 2010. — С. 266–271.

Анализ ЛВС с множественным доступом с учетом пакетных очередей и характеристики времени доставки пакетов данных

Епифанова Валерия Константиновна, аспирант
Волгоградский государственный технический университет

Протокол Industrial Ethernet, используемый в промышленных локальных вычислительных сетях (далее — ЛВС), использует технологию передачи данных, имеющую *методом коллективного доступа с опознаванием несущей и обнаружением коллизий (carrier-sense-multiply-access with collision detection, CSMA/CD)*. Industrial Ethernet предназначен и применяется для обмена данными между системами человеко-машинного интерфейса и программируемыми контроллерами.

Метод CSMA/CD применим преимущественно в ЛВС с общей шиной передачи данных. Все узлы такой сети имеют прямой доступ к общей шине, в следствие чего данная шина может быть применима для обмена данными между любой парой узлов ЛВС. Одним из факторов, явившимся залогом успеха стандартов Industrial Ethernet является простота схемы подключения. Шина, к которой подключаются все узлы ЛВС, работает в режиме *коллективного доступа (multiply-access, MA)*.

Все данные, передаваемые посредством общей шины, помещаются в кадры, имеющие определенную структуру, и снабжаются уникальным адресом узла назначения, после чего кадр передается по шине. Все узлы ЛВС, подключенные к шине, призваны распознавать факт передачи кадра, и тот узел, который узнает собственный адрес в заголовке кадра, фиксирует его содержимое в собственный буфер, после чего обрабатывает входящие данные, формирует и отправляет кадр-ответ. Адрес узла-источника также интегрирован в исходный кадр, вследствие чего узел-получатель обладает информацией, кому нужно отправить ответ.

При вышеописанном подходе возможна ситуация, когда два узла в одно и то же время пытаются отправить пакет данных по общей шине (рисунок № 1) [5].

Для уменьшения вероятности возникновения коллизии в момент непосредственно перед отправкой кадра передающий узел принимает и анализирует возникающие на

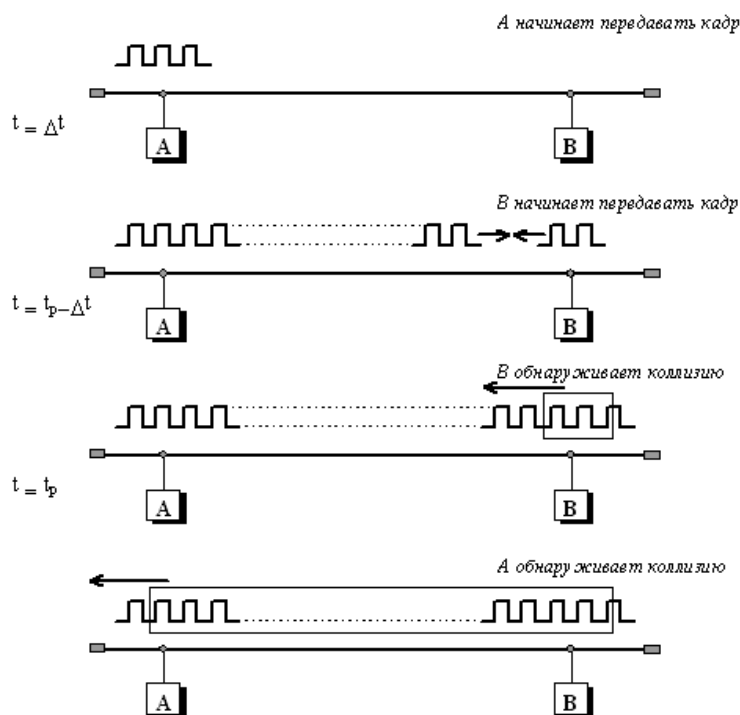


Рис. 1. Вариативная схема коллизии в методе CSMA/CD (t_p – задержка распространения сигнала между узлами A и B)

общей шине сигналы, чтобы выявить, не осуществляется ли передача по кабелю кадра данных от другого узла. Если *опознается несущая (carrier-sense, CS)*, то узел отказывается от передачи собственного кадра до окончания чужой передачи данных, и только потом, обнаружив отсутствие передачи данных, пытается вновь передать свой кадр. Но даже при таком алгоритме два узла в одно время могут решить, что по кабелю в текущий момент времени нет передачи данных, и начать передавать свои кадры, при этом происходит коллизия, что является источником искажения информации.

Чтобы корректно выйти из коллизии, все узлы ЛВС осуществляют мониторинг возникающих в шине сигналов. В случае обнаружения отличий в передаваемых и наблюдаемых сигналах фиксируется *обнаружение коллизии (collision detection, CD)*. Для роста вероятности незамедлительного обнаружения коллизии всеми узлами ЛВС, наличие коллизии усиливается отправкой в ЛВС узлами, начавшими передачу своих кадров, специальной последовательности данных, имеющей название *jam – последовательности*.

При обнаружении коллизии узел-отправитель обязан прервать передачу кадров и ожидать в течение непродолжительного случайного временного интервала, а затем от узла-отправителя может опять последовать попытка передачи кадра.

Особенность данного метода доступа является вероятностный характер, и вероятность удачной отправки и получения кадра в общей среде пропорционально загрузке ЛВС, то есть зависит от интенсивности возник-

новения в узлах необходимости передачи данных. Метод CSMA/CD определяет основной логический и временной баланс, давая возможность корректной работы всех узлов в ЛВС:

- Между двумя передаваемыми последовательно по общей шине кадрами данных необходимо соблюдение паузы в 0.96 мкс; данная пауза нужна для приведения в исходное состояние сетевых адаптеров узлов, а также для предотвращения монополизации среды передачи данных одним узлом.

- В момент обнаружения коллизии узел ЛВС формирует и отправляет в среду *jam* — последовательность, которая увеличивает явление коллизии для очевидного распознавания оной всеми станциями ЛВС.

- После обнаружения коллизии каждый узел, осуществлявший передачу кадра и столкнувшийся с коллизией, после непродолжительной задержки пытается повторно отправить свой кадр. Станция делает не более 16 попыток передачи этого кадра данных, после чего при невозможности передачи кадра, его отправка прекращается. Величина задержки берется как равномерно распределенное случайное число из интервала и длина оно при каждой попытке экспоненциально увеличивается. При таком алгоритме выбора величины задержки снижается возможность наступления коллизий и уменьшается интенсивность отдачи кадров в ЛВС при высокой загрузке на нее.

Явственное распознавание коллизий всеми узлами ЛВС является необходимым аспектом корректной работы сети Industrial Ethernet. Если какой-либо передающий узел не распознает коллизия и примет решение, что кадр

информации им передан правильно, то этот кадр данных будет потерян, так как данные кадра деформируются из-за наложения сигналов при коллизии, он будет отбракован узлом-получателем. Вероятнее всего, искаженная информация будет вторично передана каким-либо протоколом верхнего уровня, к примеру, прикладным или транспортным, функционирующим с установкой соединения и нумерацией собственных сообщений. Но повторная передача пакетов данных протоколами верхних уровней случится спустя гораздо более длительный промежуток времени в сравнении с микросекундными интервалами, которыми оперирует протокол Industrial Ethernet. В следствие чего, если коллизии не будут четко идентифицироваться станциями, использующими метод Industrial Ethernet, то это приведет к заметному уменьшению полезной пропускной способности общей шины.

Все характеристики метода Industrial Ethernet подобраны так, чтобы при обычной работе станций ЛВС коллизии всегда ясно идентифицировались. Как раз по этой причине минимальной длине поля данных кадра надлежит быть не менее 46 байт. Протяженность кабельной системы берется таким образом, чтобы в период передачи кадра данных минимальной длины сигнал коллизии успел бы транслироваться до самой дальней станции ЛВС.

Помимо вышеозначенного, любой из вариантов физической среды прибавляет к этим характеристикам свои ограничения, выполнения которых принципиально важно.

Следует детально указать базовые параметры процедуры отправки и получения кадров в методе Industrial Ethernet, кратко изложенные выше.

Узел ЛВС, который намерен передать кадр, сначала должен посредством МАС-узла сгруппировать данные в кадр, после МАС-узел должен осуществлять мониторинг электрических сигналов в шине и при обнаружении несущей частоты 10 МГц прекратить передачу своего кадра на время, именуемое *межкадровым интервалом* (*interframe gap*), что дает возможность узлу-получателю принять и обработать передаваемый кадр, и после этого начать передачу собственного кадра-ответа.

Синхронно с передачей кадра приемно-передающее устройство узла ЛВС контролирует входящие по общей шине данные, чтобы своевременно выявить коллизию. При не обнаружении коллизии осуществляется передача всего кадра, после чего МАС-уровень станции-получателя готов получить кадр из ЛВС либо от LLC-уровня.

Если же происходит фиксирование коллизии, то МАС-узел останавливает передачу кадра, формирует и посылает jam-последовательность, увеличивающую состояние коллизии. По завершении отправки в ЛВС jam-последовательности МАС-узел осуществляет случайную паузу и пытается вторично передать собственный кадр.

При повторении коллизий определено максимально допустимое число попыток повторной передачи кадра (*attempt limit*), равное 16. Когда достигается данный предел протоколируется ошибка отправки кадра. Данный протокол передается протоколу верхнего уровня.

Для уменьшения количества коллизий, каждый МАС-узел с каждой новой попыткой случайным образом наращивает длительность интервала между попытками. Время задержки перед последующей отправкой кадра определяется на основании *усеченного двоичного экспоненциального алгоритма отсрочки* (*truncated binary exponential backoff*). Пауза всегда является целым числом интервалов отсрочки передачи.

Время, за которое узел ЛВС с неопровержимой точностью определяет интервал между передачами кадра, т.е. определяет, что коллизия в ЛВС устранена, называется *интервалом отсрочки* (*slot time*). Это показатель напрямую связан с другим не менее важным параметром ЛВС — *окном коллизий* (*collision window*). Удвоенное время прохождения сигнала между наиболее удаленными узлами сети носит определение окна коллизии и является наименее благоприятным случаем задержки, при которой узел еще в состоянии обнаружить наступление коллизии. Интервал отсрочки определяется равным величине окна коллизий в сумме с некоторой дополнительной величиной задержки для обеспечения гарантии:

интервал отсрочки = окно коллизий + дополнительная задержка [5]

В стандартах 802.3 паузы преимущественно измеряются количеством межбитовых интервалов, величина вышеозначенных для пропускной способности канала 100 Мб/с составляет 0.01 мкс и составляет время передачи одного бита.

В стандарте 802.3 размер интервала отсрочки составляет 512 битовых интервалов, минимальная длина кадра при этом составляет 64 байта, потому как при кадрах меньшей длины узел может осуществить передачу кадра и не успеть зафиксировать факт наступления коллизии вследствие того, что деформированные коллизией сигналы поступят в узел после окончания передачи данных. Данный кадр будет потерян.

Время паузы после N-ой коллизии берется равным L интервалам отсрочки, где L — целое случайное число, распределенное в диапазоне [0, 2N]. Размер диапазона увеличивается только до 10 итерации, а далее диапазон остается равным [0, 1024]. Значения основных характеристик процедуры отправки и приема кадра стандарта 802.3 приведено в таблице 1 [5].

При приведенных характеристиках, не представляет трудности рассчитать максимальную производительность стандарта Industrial Ethernet в количестве переданных пакетов минимальной длины в секунду когда в шине нет коллизий и нет дополнительных задержек, вносимых мостами и маршрутизаторами.

Размер кадра минимального размера вместе с преамбулой формируется равным $64 + 8 = 72$ байта или 576 битов, то на его отправки расходуется 5.76 мкс. Просуммировав межкадровый интервал в 0.96 мкс, принимаем, что время следования пакетов минимальной длины равен 6.72 мкс, что является максимально возможной пропускной способностью стандарта Industrial Ethernet.

Таблица 1. Основные параметры процедуры передачи кадра стандарта 802.3

Битовая скорость	100 Мб/с
Интервал отсрочки	512 битовых интервалов
Межкадровый интервал	0.96 мкс
Максимальное число попыток передачи	16
Максимальное число возрастания диапазона паузы	10
Длина jam-последовательности	32 бита
Максимальная длина кадра (без преамбулы)	1518 байтов
Минимальная длина кадра (без преамбулы)	64 байта (512 бит)
Длина преамбулы	64 бита

Литература:

1. Лукьянов В.С. Модели топологических структур проводных телекоммуникационных сетей: монография / В.С. Лукьянов, Д.Г. Владнев, А.В. Старовойтов; ВолгГТУ — Волгоград, 2006. — 176 с.
2. Лукьянов В.С. Модели анализа вероятностно-временных характеристик и структур сетей передачи данных: монография / В.С. Лукьянов, А.В. Старовойтов, И.В. Черковский ; ВолгГТУ. — Волгоград: РПК «Политехник», 2006. — 184 с.
3. Модели компьютерных сетей с Удостоверяющими Центрами: монография / В.С. Лукьянов [и др.]; ВолгГТУ. — Волгоград: ВолгГТУ, 2009. — 242 с.
4. Лукьянов В.С. Имитационное моделирование грид-систем: монография / В.С. Лукьянов [и др.]; ВолгГТУ. — Волгоград: ВолгГТУ, 2012. — 214, [1] с.
5. citforum.ru: Форум для ИТ-специалистов. Информационная статья [Электронный ресурс] — Режим доступа. — url: <http://citforum.ru>, свободный.

Использование семантической аннотации для управления требованиями к ИТ-проектам

Куликов Геннадий Григорьевич, доктор технических наук, профессор;
 Яковлев Николай Николаевич, кандидат физико-математических наук;
 Бармин Александр Александрович, аспирант;
 Бармина Олеся Владимировна, магистрант
 Уфимский государственный авиационный технический университет

Успех программного продукта зависит не только от профессионализма команды, но и от обеспечения понимания всеми участниками целей проекта. Обеспечение участников полными, непротиворечивыми, достоверными сведениями для разработки позволяет достичь завершения проекта за меньшее число итераций и с меньшими трудозатратами. Управление требованиями позволяет актуализировать требования на всех этапах жизненного цикла программного продукта. В данной статье предлагается идентификация требований использованием семантической аннотации, а также прогнозирование характеристик требований на основе исторических данных. Аннотирование требований с использованием семантической аннотации позволяет сократить время их поиска и повысить долю повторного использования программного кода за счет возможности поиска сходных требований.

Ключевые слова: управление требованиями, семантическое расстояние, разработка программного обеспечения, повторное использование.

Введение

Основным инструментом автоматизации деятельности современного крупного предприятия является информационная система. Информационная система — это сово-

купность программного, аппаратного и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенная для своевременного обеспечения лиц принимающих решения необходимой информацией. Разработку сложной информационной системы нельзя выполнить за один проход —

итерацию. Это связано как со сложностью создания самой системы, так и со сложностью автоматизируемого процесса. На современном этапе развития информационных технологий разработку информационных систем выполняют в несколько итераций. Итеративная разработка соответствует спиральной модели жизненного цикла. Результатом каждой итерации является законченная версия информационной системы.

Каждая итерация в соответствии со стандартом ISO 15288–2002 состоит из следующих стадий:

1. концепция;
2. разработка;
3. поставка;
4. использование;
5. поддержка;
6. снятие с эксплуатации.

Одним из основных этапов в процессе жизненного цикла информационной системы является этап формирования требований, которая входит в стадию концепции. Результатом этой стадии является техническое задание и спецификация требований, на основании которых в дальнейшем и выполняется разработка всей системы.

Требование — это ограничение, которому должна удовлетворять разрабатываемая система или возможность, которую система должна представлять. Управление требованиями — процесс, включающий в себя идентификацию, выявление, документирование, анализ, отслеживание, приоритезацию требований, достижение соглашений и затем управление изменениями и уведомление заинтересованных лиц.

Каждое предприятие уникально и для автоматизации может не быть готовой версии информационной системы, которая поставляется в коробочном варианте и может быть использована с минимальными доработками. Для удовлетворения потребностей подобных предприятий информационные системы создаются на заказ и в большинстве своем, с нуля.

Чем крупнее предприятие, тем большее количество функций автоматизируется. Большое количество выполняемых функций не позволяет завершить доработку коробочной версии информационной системы за одну итерацию, в следствие чего автоматизируемые функции разделяют на несколько итераций в соответствии с приоритетом.

Для получения управляемого процесса разработки требования, получаемые от заказчика, актуализируются так, чтобы они были понятны всем участникам процесса разработки. В наиболее предпочтительном случае требования, полученные от заказчика и обработанные аналитиком должны удовлетворять следующим характеристикам:

- единичность — требование описывает одну и только одну вещь;
- завершенность — требование полностью определено в одном месте и вся необходимая информация присутствует;

- последовательность — требование не противоречит другим требованиям и полностью соответствует документации;

- атомарность — требование нельзя разделить на более мелкие;

- отслеживаемость — требование полностью или частично соответствует деловым нуждам как заявлено заинтересованными лицами и задокументировано;

- актуальность — требование не стало устаревшим с течением времени;

- выполнимость — требование может быть реализовано в рамках проекта;

- недвусмысленность — требование определено без обращения к техническому жаргону, акронимам и другим скрытым формулировкам. Оно выражает объекты и факты, а не субъективные мнения. Возможна одна и только одна его интерпретация. Определение не содержит нечетких фраз, использование отрицательных и составных утверждений запрещено;

- обязательность — требование представляет собой определенную заинтересованным лицом характеристику, отсутствие которой ведет к неполноценности решения, которая не может быть проигнорирована. Необязательное требование — противоречие самому понятию требования.

- проверяемость — реализованность требования может быть проверена.

Любая компания-разработчик старается сократить издержки своих производственных процессов. Основной производственный ресурс — человеческие ресурсы разработчиков и их рациональное использование является приоритетной задачей руководителя проекта. Также важным аспектом работы руководителя проекта является минимизация рисков.

Минимизация рисков достигается с использованием современных методологий гибкой разработки. Такие методологии называются Agile-методологиями. Agile-методологии — семейство процессов разработки, определяемые Agile Manifesto. Существуют несколько методологии, которые придерживаются принципов Agile Manifesto и наиболее распространенным подходом является SCRUM.

Цели и задачи

Целью управления требованиями при управлении проектом является предоставление возможности контроля целостности требований, то есть избежание дублирования и противоречивости требований. Требования могут дублироваться и противоречить друг другу, если в проекте участвует более одного аналитика или проект имеет большую протяженность (один год и более).

Управление требованиями является одним из ключевых процессов в течение всего периода разработки программного обеспечения.

Использование современных методологий и парадигм программирования, таких как объектно-ориенти-

рованное программирование, позволяет создавать самостоятельные законченные модули, которые могут быть использованы в нескольких проектах. Возможность повторного использования достигается за счет соблюдения основных принципов объектно-ориентированного программирования: инкапсуляции, наследования и полиморфизма.

Многие бизнес-процессы на предприятиях одной сферы деятельности протекают сходным образом. Различия в данных процессах незначительны и связаны с исторически сложившимися структурами бизнес-процессов. Кастомизация коробочных версий информационных систем позволяет адаптировать их к специфике конкретных бизнес-процессов.

При кастомизации информационной системы для нескольких предприятий одной предметной области модули, разработанные для одного предприятия, могут быть использованы при кастомизации информационной системы для другого предприятия. Время, затраченное на доработку модуля значительно ниже, чем при разработке его с нуля. С ростом числа выполненных доработок снижается необходимость новых доработок за счет повторного использования или адаптации уже существующих.

Основной задачей при этом является произведение семантической аннотации реализованных требований и разработанных программных модулей с возможностью их быстрого поиска. Также задачей управления проектом при использовании методологии гибкой разработки является прогнозирование трудоемкости реализации конкретных требований.

Решение этих задач позволит вывести процессы управления проектом и управления требованиями на более высокий уровень за счет упрощения поиска сходных требований и возможности более точного планирования трудозатрат. В работе представлена модель данных требования, которая описывает их в различных аспектах на основе связи данных и метаданных.

Проблема

Для повторного использования разработанных модулей необходимо не только соблюдение принципов объектно-ориентированного программирования, но и необходима технология, которая бы позволила выявлять модули для повторного использования без привлечения эксперта или с его минимальным участием.

В данном случае экспертом является аналитик или менеджер проекта, но так как аналитик или менеджер проекта не может участвовать во всех проектах организации и быть в курсе всех производимых доработок, то необходим аппарат для идентификации выполняемых доработок с возможностью их поиска для повторного использования.

В большинстве своем описание требований является текстовым, то есть с использованием естественного языка — ограничения и необходимые возможности описываются

в виде текста с использованием терминов предметной области.

При добавлении нового требования в проект необходимо выполнить поиск среди уже имеющихся в проекте требований, чтобы исключить их дублирование. В данном случае, тождественность требований определяется семантическим соответствием текстов, которыми эти требования представлены. Для определения соответствия требований необходим механизм определения схожести текстов.

Наиболее распространенным методом определения схожести текстов является алгоритм шинглов. Данный алгоритм позволяет выявлять нечеткие дубликаты текстов и может быть использован для кластеризации документов по схожести и выделения документов-плагиата.

Использование данного алгоритма, как и его модификаций (алгоритма супершинглов и мегашинглов) не дает репрезентативного результата, так как при описании требований используется ограниченный набор лексических конструкций, что не позволяет получить точный результат.

Для решения возникшей проблемы предлагается использование семантической аннотации, что позволит с помощью набора концептов малой длины описать требование, представленное в виде текста большей длины.

Использование данного аппарата в процессе управления требованиями позволит не только автоматизировать деятельность по работе с требованиями, но и увеличит долю повторно разработанного кода за счет их идентификации и возможности быстрого поиска.

Планирование трудоемкости разработки новых требований предполагает анализ уже реализованных требований и прогнозирование на их основе. Для планирования необходимо отбирать требования, сходные с реализуемым, поэтому для прогнозирования трудоемкости также необходим механизм семантической аннотации как аппарат выявления сходных требований.

Рассмотрим ниже математическую постановку задачи и основные необходимые для семантической аннотации определения:

Домен — совокупность проектов одной предметной области.

Проект — совокупность требований, реализующих заданную функциональность, а также деятельность, направленная на достижение результата и создание уникального продукта или услуги.

Концепт — атрибут, идентифицирующий требование с определенной точки зрения, предметной области.

Категория — совокупность концептов, относящихся к одной предметной области или точке зрения.

Представим требование с помощью следующей модели:

$$Req = \{C; R\}, \text{ где} \quad (1)$$

C — условие или возможность, которую требование должно представлять,

R — реализация данного требования в системе.

Так же требование на естественном языке можно идентифицировать набором концептов:

$$Req = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_n\}, \text{ где} \quad (2)$$

C_i — концепт, описывающий требование.

Задача идентификации требований состоит в сопоставлении требованиям набора концептов из соответствующих категорий.

Похожие работы на тему

В работе [6] Николай Яковлев рассматривает возможность использования семантической аннотации для идентификации требований, однако не рассматривает возможности семантических отношений между концептами и применение многоаспектной модели данных для прогнозирования трудоемкости реализации требований.

Предлагаемый подход к семантическому поиску

Семантическая аннотация требований — это описание требований, представленных текстом на естественном языке ограниченным набором концептов малой длины.

Каждое требование обязательно должно иметь, концепты, характеризующие требование со следующих точек зрения:

- объект,
- субъект,
- событие,
- действие.

Так как требования являются составной частью проекта, а он, в свою очередь, относится к категории, то каждое требование внутри домена получает также набор категорий, определенных для данного домена.

Таким образом, требование можно представить в виде следующей модели:

$$Req = \{C_O, C_S, C_E, C_A, \{C_D\}\}, \text{ где} \quad (3)$$

C_O — концепт, описывающий объект требования,

C_S — концепт, описывающий субъект требования,

C_E — концепт, описывающий событие требования,

C_A — концепт, описывающий действие,

$\{C_D\}$ — набор концептов из категорий, полученных от домена.

Примем мерой различия двух требований семантическое расстояние, которое является показателем смыслового различия и является действительным числом в интервале от 0 до 1, где 1 — требования идентичны, 0 — требования совершенно не связаны. Исходными данными для вычисления являются концепты, которыми аннотированы требования.

Введем дополнительные понятия:

Алфавит — это произвольное непустое конечное множество $V = \{a_1, \dots, a_n\}$, элементы которого называются буквами или символами.

Словом или цепочкой в алфавите V называют произвольный кортеж из множества V^k (k -й декартовой степени алфавита V) для различных $k = 0, 1, 2, \dots$

В данном конкретном случае алфавитом является совокупность всех имеющихся в системе концептов, концепты являются символами данного алфавита. Совокупность концептов, описывающих требование, является словом, длина которого определяется количеством категорий данного домена. Положение каждого символа в слове определяется категорией, к которому относится концепт, в следствие чего мы имеем конечный набор слов, который можно составить из символов данного алфавита.

Семантическое расстояние может быть определено на основании вычисления следующих показателей:

Расстояние Левенштейна, определяемое как минимальное количество операций вставки одного символа, удаления одного символа или замены одного символа на другой.

Расстояние Дамерау-Левенштейна является развитием расстояния Левенштейна и учитывает также перестановки символов. Использование данного метода для нахождения семантического расстояния неоправданно, так как символы занимают строго определенное положение в строке в соответствии с категорией концепта.

Расстояние Хэмминга определяет количество позиций, в которых различаются две строки.

Для нахождения семантического расстояния в данной статье за основу берется расстояние Хэмминга. В общем случае расстояние Хэмминга будет вычисляться по следующей формуле:

$$H = \sum_{i=1}^n a_{i_1} | a_{i_2}, \text{ где} \quad (4)$$

a_{i_1} — i -й символ первой строки,

a_{i_2} — i -й символ второй строки.

H равно единице, если символы a_{i_1} и a_{i_2} совпадают и равно нулю во всех остальных случаях.

Для вычисления семантического расстояния между требованиями используем расстояние Хэмминга в следующем виде:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{i_1} \sqcap C_{i_2})}{N}, \quad (5)$$

где L — семантическое расстояние

C_i — i -й концепт требования

N — число концептов в требовании (длина требования).

Категории внутри домена могут иметь различный приоритет, то есть различаться весами. Совпадение по категории с большим весом должно иметь большее влияние на семантическое расстояние. Для того, чтобы отразить значимость категорий в рамках домена и в процессе вычисления семантического расстояния каждая категория снабжается весом. Веса определяются системой на основе обратной связи от эксперта:

Эксперту предлагается перечень требований, сходных с введенным (или выбранным из уже существующих) на основе расчета семантического расстояния.

Эксперт отмечает требования, которые, с его точки зрения, оказались сходными.

Категории, по которым совпали требования, отмеченные экспертом, увеличивают свой вес на единицу.

Первоначально все категории в рамках домена имеют вес равный единице.

Представим категорию в виде следующей модели:

$$K = \{T; W\}, \text{ где}$$

T — название категории,

W — вес категории в рамках домена.

Тогда семантическое расстояние с учетом весов категорий будет вычисляться по следующей формуле:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{W_i}{\max W} C_{i_1} | C_{i_2}}{N \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{\max W}}, \quad (6)$$

где W_i — вес i -й категории в рамках домена.

$\max W$ — вес категории с максимальным весом в рамках домена

Использование метода Хэмминга достаточно для работы со строками, в которых каждый из символов самостоятелен и не связан с остальными. Так как концепты являются терминами, представленными на естественном языке, а не просто бинарными значениями, то между ними могут быть установлены семантические отношения, такие как синонимия, антонимия, меронимия.

Для расчета семантического расстояния с учетом семантических отношений между концептами введем следующую модель концепта:

$$C = \{V, \{S\}, \{M\}\}, \text{ где} \quad (7)$$

C — концепт,

V — значение лингвистической переменной, описывающее концепт,

$\{S\}$ — совокупность концептов, которые являются синонимами с данным. Семантическое расстояние между ними равно 1.

$\{M\}$ — совокупность меронимов для данного концепта. Семантическое расстояние в данном случае определяется экспертным путем на основе словаря меронимов. Чем менее связаны между собой термины, тем меньше между ними семантическое расстояние. Оно равно единице, если термины являются синонимами и стремится к нулю по мере смыслового удаления.

Таким образом, семантическое расстояние с учетом семантических отношений можно вычислить по следующей формуле:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{W_i}{\max W} \min(C_{i_1} \cup C_{i_1} | C_{i_2} \cup C_{i_2})}{N \sum_{i=1}^n \frac{W_i}{\max W}}, \quad (8)$$

где C_{i_1} — совокупность концептов, состоящих в семантическом отношении с концептом C_{i_1} .

В данном случае сравниваются не только исходные концепты, но и все связанные с ними семантическими отношениями концептами. В случае, если исходные концепты не совпадают, то сравниваются связанные концепты в следующей последовательности:

Сравниваются все синонимичные концепты. Если среди синонимичных концептов нет совпадения, то переходим к пункту 2.

Сравниваем все концепты с учетом меронимии в порядке убывания семантического расстояния. Расстояние между исходным и меронимичным концептом лежит в интервале $[0..1]$.

Предлагаемый подход к прогнозированию трудоемкости требований

Прогнозирование трудоемкости реализации новых требований основывается на выявлении закономерностей между составом концептов уже реализованных требований и их фактической трудоемкостью реализации.

Представим трудоемкость как зависимость, между значениями категорий, которыми описано требование и временем, необходимым для реализации требования.

$$T = a_1 * F_1(C_1) + a_2 * F_2(C_2) + \dots + a_n * F_n(C_n), \text{ где} \quad (9)$$

a_i — поправочный коэффициент для категории,

$F_n(C_i)$ — функция трудоемкости, реализации i -го концепта в n -ой категории.

Каждая категория в рамках домена имеет свою функцию трудоемкости $F_n(C_i)$, значение которой зависит от положения концепта в категории. Концепты в категории упорядочиваются в соответствии с трудоемкостью реализации требований, к которым они относятся.

Исходными данными для прогнозирования является трудоемкость уже реализованных требований. На ее основе вычисляется связанная с концептами трудоемкость по следующему алгоритму:

1. Концепты, входящие в состав требования имеют трудоемкость, пропорциональную количеству концептов, описывающих требование, то есть, трудоемкость каждого входящего в состав вычисляется по следующей формуле $T_i^c = \frac{T}{N}$, где T — трудоемкость реализации требования, N — количество концептов, которыми описывается требование.

2. Если с концептом уже связана трудоемкость, то необходимо выполнить перерасчет трудоемкости. В этом случае трудоемкость равняется среднему арифметическому между уже имеющимся значением и значением частичной трудоемкости вновь добавляемого требования.

3. В случае если концепт имеет синонимы в рамках категории, то для них также указывается трудоемкость.

В результате накопления опытных данных мы получим дискретную функцию, которая показывает соответствие между концептом и трудоемкостью его реализации и может быть описана в следующем виде:

$$F_n(C_i) = \begin{cases} C_1 = T_1 \\ C_2 = T_2 \\ \dots \\ C_i = T_i \end{cases}, \quad (10)$$

где C_i — значение концепта,

T_i — значение трудоемкости.

Поправочный коэффициент a_i равняется весу категории в рамках домена. Таким образом, после добавления требований и, соответственно, связанных с ними концептов мы получим N функций трудоемкости, по одной для каждой из категорий. Подставляя в формулу (9) значения концептов мы получим прогнозируемую трудоемкость реализации нового требования.

Перспективы исследования

Перспективным направлением является автоматизированное извлечение требований к веб-приложениям с использованием систем веб-аналитики и автоматическая идентификация требований с использованием ключевых слов страницы в качестве концептов создаваемого требования.

Литература:

1. ISO 12207 Standard for software lifecycle processes.
2. Белоусов А.И., Ткачев С.Б. Дискретная математика: Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. — 4-е изд., исправл. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 744 с. (Сер. Математика в техническом университете; Вып. XIX).
3. Блейхут Р. Теория и практика кодов, контролирующих ошибки = Theory and Practice of Error Control Codes. — М.: Мир, 1986. — 576 с.
4. Левенштейн В.И.. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов. Доклады Академии Наук СССР, 1965. 163.4:845–848.
5. Новак В., Перфильева И., Мочкрож И. Математические принципы нечёткой логики. пер с англ. М.: Физматлит, 2006. 352 с.
6. Яковлев Николай, Сулейманова Алла. Семантическое и многоаспектное моделирование в управлении требованиями к математическому и программному обеспечению. // Уфимский Государственный Авиационный Технический Университет.

Заключение

В данной статье был рассмотрен современный подход к разработке сложных систем, выявлены основные проблемы при их разработке: дублирование и противоречивость требований, сложность прогнозирования трудоемкости без привлечения непосредственных исполнителей. Для решения выявленных проблем был проведен анализ существующего математического аппарата и выделен наиболее предпочтительный метод нахождения семантического расстояния на основе расстояния Хэмминга, предложена концепция семантической аннотации. Выбранная математическая модель была адаптирована с учетом специфики предметной области.

Разработанная методика была реализована в виде системы управления требованиями с семантической аннотацией SemanticReq и апробирована на требованиях к проекту СЭД БОСС-Референт.

Использование семантического расстояния и семантической аннотации позволяет:

Выявлять сходные требования на этапе ввода и предотвращать их повторный ввод.

Искать сходные требования среди уже реализованных и использовать реализующий их код, сценарии тестирования, варианты использования и другие проектные артефакты повторно.

Выполнять кластерный анализ требований для их группировки и последующего анализа.

Прогнозировать параметры требований.

Программное обеспечение на основе web-технологий для поддержки научных мероприятий вуза

Мальцева Татьяна Витальевна, магистрант
Вологодский государственный технический университет

Научные конференции, семинары, конкурсы межрегионального и всероссийского уровня являются одним из наиболее мощных механизмов обмена научной информацией и инновационными идеями между студентами и преподавателями вузов, повышения рейтинговых показателей вузов. Однако традиционный способ проведения научных мероприятий требует финансовых затрат и в современных условиях не обеспечивает широкой географии участников. Использование возможностей сети Интернет позволяет проводить полноценные научные мероприятия в традиционном устном и стендовом варианте с возможностью широкого обсуждения докладов, размещенных на сайте мероприятия.

Многие организации при проведении научных конференций и семинаров используют известную Web-систему Агора (<http://www.agora.guru.ru>), которая обеспечивает типовые функции поддержки подобных мероприятий, предоставляя услуги хостинга для создания сайтов мероприятий. Однако для вузов, имеющих свои развитые информационные сайты, лучшим решением будет размещение дополнительного программного обеспечения на собственном сайте, которое позволит учесть особенности студенческих мероприятий и обеспечить для них всю необходимую функциональность.

Цель работы, представленной в докладе, явилась разработка программного обеспечения, которое может быть

установлено на сайте вуза и обеспечит поддержку проведения научных мероприятий как в традиционном (устные доклады), так и в стендовом варианте.

В процессе выполнения данного проекта был разработан дополнительный программный компонент [1] для широко распространенной системы управления контентом информационного сайта *Joomla!*, который обеспечивает полный набор функций, необходимый для поддержки организации и проведения студенческих научных мероприятий как в традиционном (устные доклады), так и в стендовом варианте. В список поддерживаемых функций входит электронная регистрация участников, размещение информации об участниках и тезисов докладов в базе данных, автоматическое формирование программы мероприятия и различных форм отчетности, возможность удобного поиска докладов и их обсуждения на сайте мероприятия.

На рисунке (1) показана архитектура системы регистрации пользователей.

Система электронной регистрации установлена на сайте студенческого научного общества Вологодского государственного технического университета и используется для поддержки проводимых мероприятий всероссийского уровня. За это время она прошла несколько этапов модернизации [2] и в настоящий момент использует одну из последних версий системы управления контентом Joomla! 1.5.

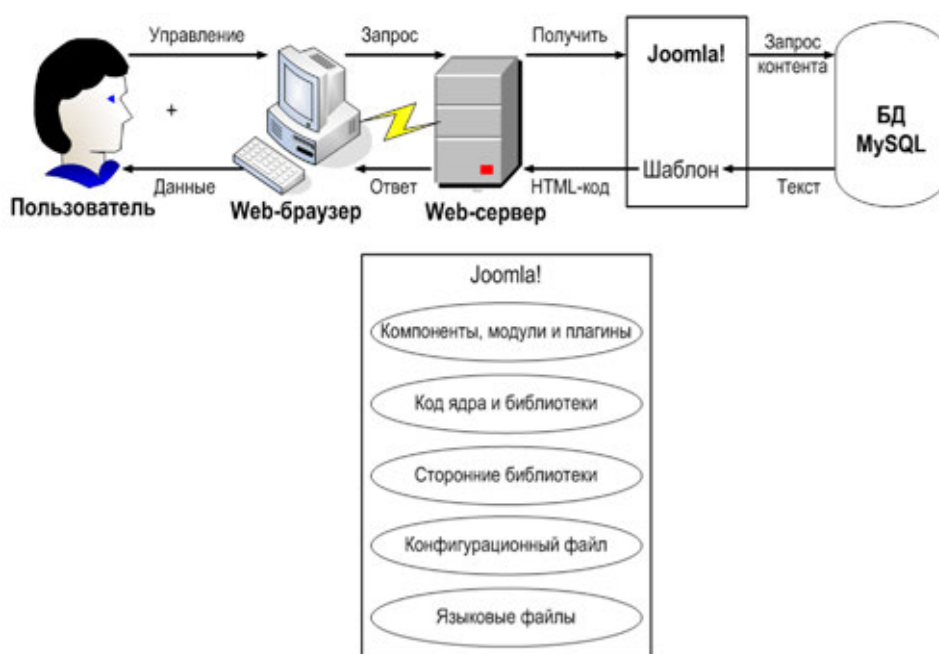


Рис. 1. Архитектура системы регистрации пользователей

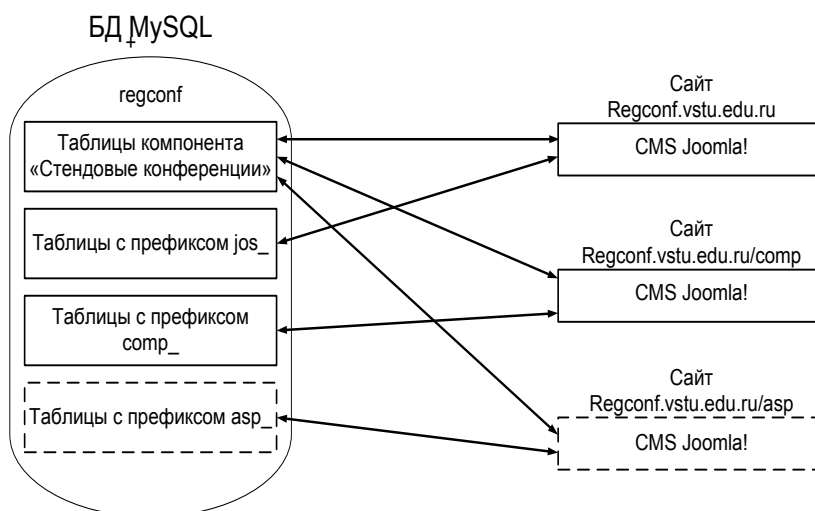


Рис. 2. Организация системы поддержки научных мероприятий ВоГТУ

Разработаны сайты для поддержки Всероссийской конференции «Молодые исследователи — регионам», Всероссийского конкурса компьютерных программ и для научного мероприятия «Ежегодные смотры-сессии аспирантов». Эти мероприятия являются традиционными для ВоГТУ и проводятся ежегодно. В итоге, организация системы поддержки научных мероприятий вуза имеет вид, представленный на рисунке (2).

Перечислим основные результаты выполненного проекта:

1) Архитектура дополнительного программного компонента для *CMS Joomla!* «Стендовые конференции» для поддержки проведения студенческих научных мероприятий

2) Нормализованная структура базы данных, обеспечивающей хранение исчерпывающей информации о про-

водимом мероприятии, включая сведения об участниках и тезисы докладов

3) Полностью отлаженный и протестированный программный код компонента

4) Научно-техническая документация по использованию компонента

Применение разработанного программного обеспечения позволяет повысить эффективность научных мероприятий за счет широкого обсуждения докладов в сети Интернет и благоприятно влияет на репутацию вуза и его рейтинговые показатели. Поддержка программного обеспечения выполняется силами студентов, что снижает материальные затраты на проведение мероприятий. Предполагается дальнейшее распространение программного компонента для поддержки научных мероприятий в других вузах, в первую очередь, Вологодской области.

Литература:

1. Веллинг Л. Разработка Web-приложений с помощью PHP и MySQL, 2-е издание: Пер. с англ. / Л. Веллинг, Л. Томсон. — М.:Издательский дом «Вильямс», 2004. — 800 с.
2. Кузнецов М.В. Самоучитель PHP 5 / М.В. Кузнецов, И.В. Симдянов И.В. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 560 с.

Обзор систем анализа тональности текста на русском языке

Меньшиков Илья Леонидович, студент;

Кудрявцев Александр Генрихович, кандидат физико-математических наук, доцент
Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

В последние годы происходит бурный рост размеров Интернета, в том числе русскоязычного сегмента. Вместе с увеличением числа пользователей сети Интернет, возрастает и количество генерируемого ими кон-

тента. Люди оставляют сообщения на форумах, пишут посты в блогах, комментируют товары на страницах интернет-магазинов и пишут в социальных сетях. Согласно исследованиям Всероссийского центра изучения общест-

венного мнения, количество россиян, регулярно (не реже раза в месяц) пользующихся интернетом выросло с 38 % в 2010 г. до 55 % в 2012 г. Число зарегистрированных в социальных сетях россиян за эти 2 года (с 2010 по 2012 гг.) также значительно возросло — с 53 % до 82 %. [1]

Весь этот контент несет в себе огромное количество информации, которую можно и даже нужно использовать. Существует отдельное направление искусственного интеллекта и математической лингвистики — обработка естественного языка, или компьютерная лингвистика. Оно позволяет извлекать разнообразную информацию, находящуюся в форме текста на естественном языке. Одно из перспективных направлений компьютерной лингвистики — анализ тональности текста.

Анализ тональности текста позволяет извлекать из текста эмоционально окрашенную лексику и эмоциональное отношение авторов по отношению к объектам, о которых идет речь в тексте. Большинство современных систем используют бинарную оценку — «положительный сентимент» или «отрицательный сентимент», однако некоторые системы позволяют выделять силу тональности.

В современном мире на наш выбор в каких-либо ситуациях зачастую влияет мнение других людей — мы читаем отзывы о товаре, прежде чем заказать его в интернет-магазине, узнаем мнение других людей, прежде чем проголосовать на выборах за того или иного кандидата, долго и тщательно выбираем себе ВУЗ, место работы и ресторан, который мы собираемся посетить. Эта информация представляет значительный интерес для маркетологов, социологов и многих других специалистов.

Кроме того, для владельцев интернет-ресурсов жизненно важно знать мнение пользователей — будь это мнение относительно сделанного на вашем портале нововведения, свежей новости на вашем сайте или оценка пользователями товара в вашем интернет-магазине. [2]

Все вышесказанное делает актуальной задачу анализа тональности текста.

Однако, несмотря на перспективность и актуальность этой задачи, существует сравнительно малое число систем, способных анализировать тональность текста на русском языке. Нами предложен список и описание самых известных на сегодняшний день систем и компонентов анализа тональности текста

Список и описание популярных систем анализа тональности текста на русском языке

1. «SentiStrength» [3] — система, разработанная M. Thelwall, K. Buckley, G. Paltoglou и D. Cai. Первоначально, данная система была разработана для анализа коротких неструктурированных неформальных текстов на английском языке. Однако, она может быть сконфигурирована для работы с текстами на ряде других языков, в том числе и для текстов на русском языке.

Результат выдается в виде двух оценок — оценка позитивной составляющей текста (по шкале от +1 до +5)

и оценка негативной составляющей (по шкале от -1 до -5). Кроме того, существует возможность предоставления оценок в другом виде:

- Бинарная оценка (позитивный/негативный текст)
- Тернарная оценка (позитивный/негативный/нейтральный)
- Оценка по единой шкале от -4 до +4

Алгоритм основан на поиске максимального значения тональности в тексте для каждой шкалы (т.е. поиск слова с максимальной негативной оценкой и слова с максимальной позитивной оценкой). При работе алгоритма учитывается простейшее взаимодействие слов (например, слова-усилители усиливают значение тональности для слова, на которое они действуют — «очень злой» будет иметь более негативную оценку, нежели просто «злой») и идиоматические выражения. [4]

Недостатки системы: хотя система может быть сконфигурирована для русского языка, реализованные в ней алгоритмы не учитывают его специфику, в том числе русскую морфологию, что приводит к ряду проблем. Например, для полноценной работы системы с русским языком необходимо в банке данных иметь все словоформы для каждого слова. Кроме того, система считает лишь общую тональность текста, не выделяя субъекты и объекты тональности.

2. Компонент анализа тональности текста в составе систем «Аналитический курьер» и «X-files» [5] — разработан компанией «Ай-Теко». Компонент определения тональности текста реализует метод, основанный на словарях и правилах.

Данная система выдает пользователю массив размеченных предложений. В предложениях размечаются объекты тональности (при наличии таковых) и цепочка слов, несущая в себе тональность по отношению к ним. Кроме того, на основании найденных цепочек слов подсчитывается общая тональность для каждого предложения. Для подсчета общей тональности используется ряд специальных правил. Например (для предложения «Доктор Смит вылечил больного гриппом»), есть правило, которое говорит, что сочетание позитивного глагола «вылечить» с негативной цепочкой (в данном случае «больной гриппом») приписывает позитив подлежащему глагола (в нашем примере — «доктору Смигу»). Тональность оценивается по тернарной шкале (позитивный/негативный/нейтральный). [6]

Система работает в несколько этапов:

- 1) Предварительная обработка текста, выделение и классификация найденных слов
- 2) Объединение найденных слов в связанные друг с другом цепочки
- 3) Выделение объектов тональности

Недостатки системы: отсутствие количественной оценки текста.

3. «Вал» [7] — система, разработанная Шалак Владимиром. Данная система предназначена для оценки «неосознаваемого эмоционального воздействия фонетиче-

ской структуры текста и отдельных слов на подсознание человека». Работа системы основана на превращении текста в частотный словарь и отнесении некоторых слов к определенным психолингвистическим категориям.

Результат анализа выдается пользователю в виде набора оценок по ряду критериев, относящихся к данному тексту/слову («гладкий — шероховатый», «могучий — хилый») и т.д.

Недостатки системы: система не производит анализ семантики текста, что ведет к сильной ограниченности применимости продукта. Кроме того, использование данного продукта людьми, не являющимися специалистами в области психолингвистики, не представляется возможным.

4. Компонент анализа тональности в составе системы RCO Fact Extractor [8] — система, разработанная компанией RCO. Для анализа тональности текста система использует подход, основанный на правилах. Данная система учитывает синтаксическую структуру текста и взаимодействие различных типов слов.

Работа компонента происходит в пять этапов:

1) Распознавание всех упоминаний об объекте во всех формах, включая полные, краткие и другие формы упоминаний

2) Отсев и полный синтаксический разбор конструкций, в которых отражаются все события и признаки, связанные с целевым объектом

3) Выделение и классификация тех позиций, в которых явно выражается тональность, и тех пропозиций, которые описывают эмоционально-коннотативные ситуации

4) Для каждой пропозиции принятие решения о тональности «позитив-негатив» с учетом тех мест, которые занимают в её составе эмоционально-коннотативные, тональные и нейтральные слова, средства выражения отрицания

5) Оценка общей тональности текста на основе тональностей всех входящих в него пропозиций

Для своей работы компонент использует модули синтаксического анализа текста и отождествления наименований, разработанные также в компании RCO. [9]

Недостатки системы: отсутствие количественной оценки текста.

Заключение

В данной статье были рассмотрены и проанализированы самые популярные системы анализа тональности текста для русского языка. Приведенные системы основаны на различных подходах к решению задачи и предназначены для использования в различных условиях. Стоит отметить, что все приведенные системы являются закрытыми и платными. Каждая система имеет ряд преимуществ и недостатков. Выбирать систему для использования нужно, исходя из задачи. Например, при необходимости анализа общей тональности коротких неструктурированных текстов (сообщений в социальной сети) разумнее всего будет использование системы SentiStrength, а при социологических анализах записей блогов — систему «Аналитический Курьер».

По мнению авторов, несмотря на наличие ряда готовых систем, существует острая нехватка решений для анализа тональности текста на русском языке; данная задача к настоящему моменту полностью не решена. Для того, чтобы получить наиболее универсальный и качественный инструмент, необходимо создать систему, удовлетворяющую следующим условиям:

1) Система должна учитывать специфику русского языка — его морфологию, свободный порядок слов и т.д. — в противном случае, эффективность анализа будет снижаться.

2) Система должна учитывать семантику текста.

3) Оценка должна производиться по более широкой шкале, чем бинарная — зачастую, в тексте интересен не только сам факт наличия эмоциональной окраски, но и его сила.

4) Результат пользователю должен выдаваться в простой и понятной форме, доступной к использованию не специалистами.

Система, созданная с учетом этих условий, будет сочетать в себе достоинства приведенных в данной статье систем, при этом устраняя их недостатки. Такая система будет иметь высокую эффективность анализа и широкие области применения.

Литература:

1. РИФ+КИБ: Тренды Рунета-2012: всегда и везде быть в сети [Электронный ресурс]: Всероссийский центр изучения общественного мнения. — Режим доступа: <http://wciom.ru/index.php?id=270&uid=112746> 28.11.2012
2. Bo Pang, Lillian Lee Opinion Mining and Sentiment Analysis // Journal Foundations and Trends in Information Retrieval. 2008. С. 1—135
3. SentiStrength [Электронный ресурс]: SentiStrength — sentiment strength detection in short texts. — Режим доступа: <http://sentistrength.wlv.ac.uk/#About> 28.11.2012
4. Thelwall M., Buckley K., Paltoglou G., Cai D., Kappas A. Sentiment strength detection in short informal text // Journal of the American Society for Information Science and Technology. 2010.
5. Система извлечения знаний из текстов «Аналитический курьер» [Электронный ресурс]: АйТеко. — Режим доступа: <http://www.i-teco.ru/ac.html>
6. Модуль определения тональности системы «Аналитический Курьер» [Электронный ресурс]: АйТеко. — Режим доступа: <http://x-file.su/tm/Description.html>

7. Проект ВААЛ [Электронный ресурс]: ВААЛ. — Режим доступа: <http://www.vaal.ru/>
8. RCO Fact Extractor SDK [Электронный ресурс]: RCO. — Режим доступа: http://www.rco.ru/product.asp?ob_no=5047
9. Ермаков А.Е., Киселев С.Л. Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: труды Международной конференции Диалог’2005. — Москва, Наука, 2005

Генетический алгоритм планирования конкурирующих за канал передачи данных пластичных заданий

Новиков Алексей Борисович, аспирант

Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова (г. Москва)

Введение

Существует множество алгоритмов управления очередью заданий и составления расписаний, применимых для задач регулирования загрузки параллельных вычислительных систем [1]. Увеличение эффективности процесса планирования вычислительных заданий повышает утилизацию ресурсов и уменьшает время ожидания результатов расчетов. Увеличение числа критериев планирования способно привести к повышению эффективности алгоритма, но негативно скажется на его сложности. Рассмотрим в качестве одного из критериев пластичность вычислительных заданий [2–4]. Пластичные (moldable) задания обладают способностью производить счет на различном по размеру наборе вычислительных элементов. В данной работе в качестве вычислительного элемента рассмотрим вычислительный узел кластера. Существует определенная нетривиальная зависимость между временем выполнения расчета и количеством используемых вычислительных элементов. В силу сложной внутренней структуры программы тяжело предсказать влияние изменения числа узлов на характеристики расчета задания. В качестве другого критерия рассмотрим влияния конкуренции за канал передачи данных на скорость производимых расчетов [5, 6]. Время расчета любой осуществляющей пересылку данных программы складывается из времени вычислений и времени передачи данных. Соответственно, время обмена данными зависит от статических (пропускная способность, задержки) и динамических (конкуренция за канал) характеристик вычислительной сети.

Большинство существующих реализаций планировщика заданий используют детерминированный алгоритм, согласно которому происходит выбор запускаемых задач и их параметров. Рассмотрим использующий эвристический алгоритм планировщик, производящий поиск наилучшего решения с использованием моделирования хода выполнения заданий. По результатам моделирования планировщик производит оценку плана. В зависимости от полученных значений идет выбор направления дальнейшего поиска решений.

Определим модель задания посредством времени выполнения расчета без учета конкуренции за канал и объемом пересылаемых по сети данных. Последнее позволит произвести моделирование потоков данных и, следовательно, определить динамические характеристики вычислительной сети. Модель требует формализации для конкретных используемых приложений.

В данной работе модель определяется зависимостями объема пересылаемых данных и скоростью счета от заданного числа узлов основанных на статистических данных о работе программы. Оценка плана производится путем моделирования размещения моделей заданий на модели кластера с последующим анализом. Важным вопросом в модели кластера является вычислительная сеть передачи данных. В данном исследовании рассматривается топология «звезда», при этом, время задержки пакетов данных определяются с помощью аналитического решения задачи массового обслуживания с одним обработчиком (маршрутизатором).

Определим способы оценки плана:

- **Fr** — реальное время завершения. Показывает время, когда закончила расчет последняя задача в очереди.
- **Fm** — средневзвешенное время завершения последних задач. Мерой веса является объем используемых ресурсов.
- **Ja** — сумма использованных ресурсов каждой из задач. Уменьшение Ja относительно показателя для статических алгоритмов говорит о том, что для выполнения одного и того же набора задач потребовалось меньше вычислительных ресурсов, т.е. внутренние ресурсы использовались эффективнее.

Алгоритм планирования

Существуют методы решения поставленной задачи, позволяющие найти точное решение. Примером таких методов служит неполной перебор с отбросом неперспективных вариантов. Наиболее известным является метод «ветвей и границ». Данный метод дает глобальный минимум целевой функции, однако размерность решаемых

им задач относительно мала. Это обусловлено отсутствием эффективного способа определения нижней границы задачи, поэтому приходится исследовать значительную область решений.

В связи с тем, что точные комбинаторные методы не реализуемы при большой размерности очереди, сделан выбор в пользу приближенных эвристических методов.

Проблема выбора эвристик описана в статье [8]. Генетический алгоритм — это математическая модель эволюции популяции искусственных особей. Генетические алгоритмы (ГА) основаны на механизмах селекции и генетики. Основные принципы генетических алгоритмов изложены Холландом [9].

Задача размещения задач на вычислительных ресурсах сводится к выбору таких параметров запуска, что целевая функция оценки эффективности плана становится минимальна. При планировании происходит размещение всех заданий в очереди. Сначала заполняются доступные ресурсы, а затем идет моделирование дальнейшей загрузки с течением времени. Очевидная глобальная эффективность данного подхода значительно зависит от точности оценки времени выполнения заданий и динамики изменения очереди. Также данный подход требует значительно большего объема ресурсов.

Рассмотрим два варианта соблюдения очереди заданий:

— *Строгое соблюдение очереди.* При этом не нарушается порядок следования заданий.

— *Нестрогое соблюдение очереди [7].* При этом первоочередное задание может откладываться, если это приводит к уменьшению значения целевой функции оценки плана. Строгость соблюдения очереди должна реализовываться через целевую функцию или ограничения на размещения.

— Применим для каждого расписание в ГА кодирование в форме хромосомы [10]. Хромосома P_k состоит из упорядоченного набора генов. Ген в свою очередь состоит из номера задачи и количества узлов на которых будет запущена задача. Цель состоит в нахождении максимума целевой функции (функции приспособленности). В качестве целевой функции используется оценка Fg (время завершения расчетов). Эволюция популяции моделируется последовательностью поколений $\{P_k(t)\}, t > 0$. В каждый момент времени t состав популяции меняется. Для каждого последующего поколения отбираются особи с относительно большими значениями функции. Хромосомы подвергаются воздействию генетических операторов, применение которых позволяет получить новое поколение.

Применим следующие генетические операторы:

— *Оператор кроссинговера последовательности.* Две хромосомы $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ и $B = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ выбираются случайным образом из текущей популяции. Случайным образом выбирается точка $k \in [1; n-1]$ разреза хромосом (код гена, после которого выполняется выборка произвольной длины w). Две новые хромосомы $A' = \{a_1, a_2, \dots, a_{k-1}, b_k, \dots, b_{k+w}, a_{k+w+1}, \dots, a_n\}$ и $B' = \{b_1, b_2, \dots, b_{k-1}, a_k, \dots, a_{k+w}, b_{k+w+1}, \dots, b_n\}$ получа-

ются путем сохранения хромосом в разрезе и заполнения оставшегося пространства элементами второй хромосомы

— *Оператор кроссинговера значения числа узлов.* Сохраняет порядок хромосом, но производит обмен значениями числа узлов для генов определенной выборки.

— *Мутация перемещения.* Осуществляет перестановку произвольного числа задач в очереди, начиная с произвольной позиции.

— *Мутация числа узлов.* В очереди выбирается произвольная задача для которой производится изменение числа узлов. Новое значение числа узлов образуется путем прибавления случайной, отличной от нуля, величины.

Результаты

В исследовании рассматривалось пять алгоритмов:

— *Fifo* — первая вставшая в очередь задача, отправляется на расчет первой.

— *BF (FF)* — первая вставшая в очередь задача, отправляется на расчет. При наличии свободного места, недостаточного для следующий в очереди задачи, на нем запускается первая подходящая в очереди задача.

— *GA (M)* — генетический алгоритм, применяющий операции только изменения числа узлов для запуска.

— *GA (S)* — генетический алгоритм, применяющий операции только изменения очередности заданий.

— *GA (M'n'S)* — генетический алгоритм, применяющий все операции.

На рисунке 1 представлен график зависимости времени выполнения заданий для одного и того же набора задач, при снижении пропускной способности маршрутизатора.

Как видно из графика, наиболее устойчивым к падению производительности сети показал себя алгоритм *GA (M'n'S)*.

Заключение

В результате проведенного моделирования разработанный алгоритм показал свою эффективность в сравнении с выбранными алгоритмами. Полученные результаты показали его особую эффективность при высокой конкуренции за ресурсы вычислительной сети. Тем не менее, существует множество дополнительных критериев, способных повлиять на качество процесса планирования:

— Учет сложных топологий и гетерогенности.

— Учет возможности остановки выполнения вычислительных заданий различными средствами.

— Учет гибких (*malleable*) заданий, способных изменять число узлов в процессе работы.

— Также необходимо отметить перспективы развития самого алгоритма:

— Поиск оптимальных параметров генетического алгоритма.

— Исследования генетических операций приводящих к более качественному решению.

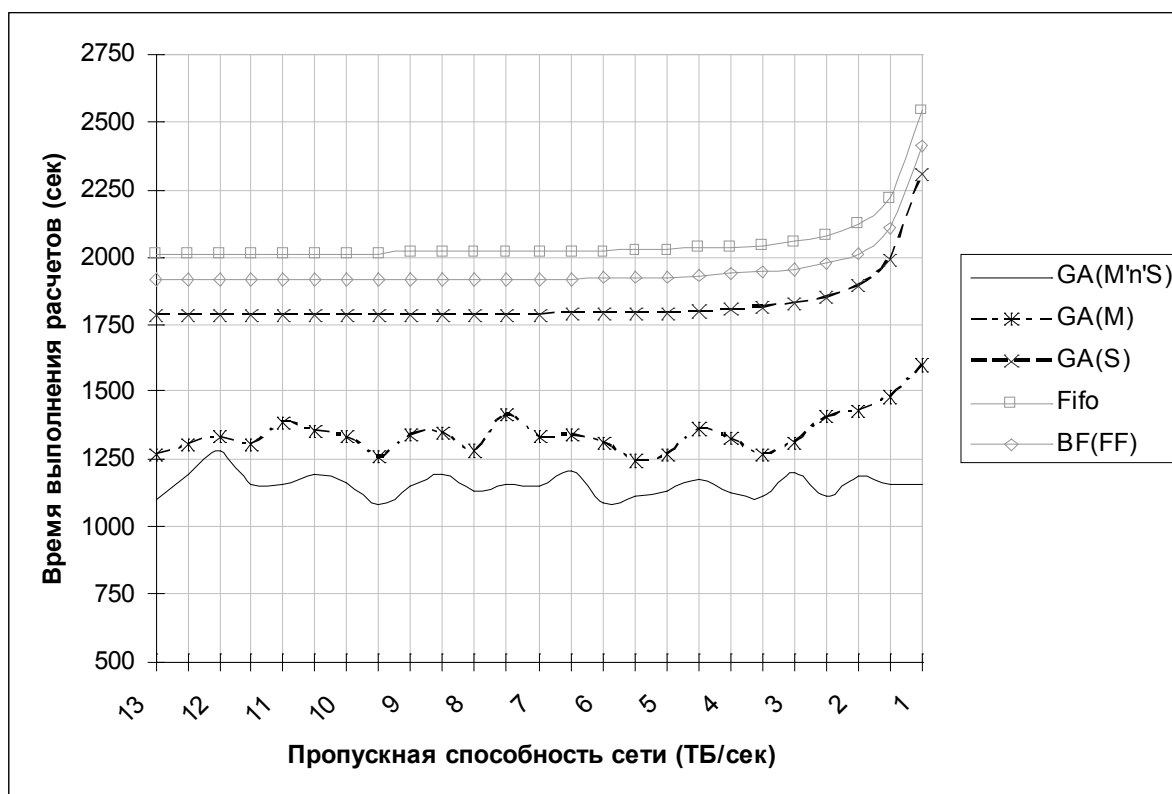


Рис. 1. График зависимости времени выполнения заданий, при снижении пропускной способности сети

Литература:

1. Michael L Pinedo. «Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems» // New York, Springer science 2008.
2. С.Н. Мамоиленко, А.В. Ефимов «Алгоритмы планирования решения масштабируемых задач на распределенных вычислительных системах» // Вестник СибГУТИ №2, 2010 г. стр. 66–78.
3. L. Barsanti, A. Sodan. «Adaptive job scheduling via predictive job resource allocation» // Lecture notes in computer science, 2007, с. 115–140.
4. W. Cirne, F. Berman. «A modal of moldable supercomputer jobs» // 15th International Parallel & Distributed Processing Symp, 2001. URL://www.lsd.dsc.ufpb.br/parars/moldability-model.pdf (дата обращения 23.09.2011).
5. П.Н. Полежаев. «Планирование задач для вычислительного кластера с учетом сети и многопроцессорности узлов» // Параллельные вычислительные технологии (ПАВТ'2011): Труды международной конференции. — Москва, Изд. МГУ, 2011 г. 254–265.
6. А.В. Юлдашев «Минимизация времени выполнения MPI-программ с учетом конкуренции за каналы передачи данных коммуникационной среды кластерной системы» // Вестник УГАТУ №2 (42) — Уфа, 2011г, стр 99–105.
7. А.Б. Новиков, С.А. Петунин. «Влияние специализированных алгоритмов планирования заданий на эффективность использования вычислительных ресурсов в частных случаях» // XIII международный семинар «супервычисления и математическое моделирование», РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2011 г.
8. В.А. Чеканин. «Модифицированные эволюционные алгоритмы и программные решения задачи ортогональной упаковки объектов», диссертация, 2011 г.
9. J.H. Holland. «Adaptation in Natural and Artificial Systems», University of Michigan, Ann Arbor, 1975 г.
10. Т.С. Шаповалов. «Планирование выполнения заданий в распределенных вычислительных системах с применением генетических алгоритмов», диссертация, 2010 г.

Анализ информатизации общественной сферы на примере муниципальных образований Восточного территориального округа Красноярского края

Сергеева Юлия Сергеевна, студент;

Жукова Дарья Леонидовна, студент

Сибирский федеральный университет институт космических и информационных технологий (г. Красноярск)

Развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) является на сегодняшний день одним из главных факторов жизни. Важной тенденцией совершенствования управления в РФ становится создание «электронного правительства» (ЭП).

В рамках его создания была реализована программа «Электронная Россия», которая закончилась в 2010 году, но работа в этом направлении не прекратилась. Следующим шагом стала долгосрочная целевая программа «Информационное общество (2011–2018 годы)» — совершенствование процессов формирования в Российской Федерации электронного правительства в 2011–2018 годах [2].

С помощью электронного правительства реализуется принцип «одного окна», что позволяет снизить общее количество посещений гражданами органов власти, сокращает время ожидания в очередях, ускоряет процесс рассмотрения и оформления необходимых документов и межведомственных согласований.

В процессе перевода государственных и муниципальных услуг в электронный вид именно вторые представляют наиболее проблемную часть. Это связано с рядом факторов:

- отсутствие единого определения ЭП, отсюда могут последовать и различия в представлениях о конечном результате. Наиболее четкое определение выглядит следующим образом: «Электронное правительство — это система государственного управления, основанная на автоматизации всей совокупности управленческих процессов в масштабах страны с использованием современных информационных технологий и призванная существенно повысить эффективность государственного управления и снизить издержки социальных коммуникаций для каждого члена общества» [1];

- отсутствие четких этапов формирования электронных услуг, с выработкой основных показателей эффективности достижения того или иного этапа;

- отсутствие четкой схемы оптимизации каждой из услуг, классификации и разграничения полномочий между подразделениями краевого и местного управления, региональной и федеральной властью;

- формирование электронных ресурсов (ЭР) отдельных ведомств собственными силами, что приводит к дублированию информации, возможно также возникновение проблем актуальности этой информации;

- отсутствие четкой справочной информации и методических материалов, которые органы местного самоуправления могли бы использовать в качестве источника

базовых сведений и руководства при создании электронных ресурсов;

- нехватка квалифицированных специалистов на муниципальном уровне.

Особый интерес представляет современное состояние ЭР на муниципальном уровне. В рамках поставленной задачи был рассмотрен Восточный территориальный округ Красноярского края, в состав которого входят Абанский район, г. Бородино, Дзержинский район, ЗАТО Зеленогорск, Иланский район, Ирбейский район, г. Канск, Канский район, Нижнеингашский район, Партизанский район, Рыбинский район, Саянский район, Тасеевский и Уярский районы.

Оценка информатизации данного округа Красноярского края осуществлялась по следующим критериям:

- информативность — степень предоставления необходимой информации в ЭР ведомств и органов самоуправления;

- эргономичность — удобство использования интернет-ресурса и электронных услуг;

- актуальность — степень соответствия информации текущему моменту времени;

- обратная связь — наличие контактов и адресов должностных лиц ведомств и органов самоуправления, а также виртуальных приемных и разделов FAQ на ЭР;

- электронные услуги — прием заявок (запись) на прием к врачу и образцы необходимой документации.

Проанализировав ситуацию, которая складывается в Восточном территориальном округе Красноярского края, можно с уверенностью сказать, что на данный момент существует ряд проблем, связанных с информатизацией общественной сферы:

- отсутствие ЭР некоторых ведомств социальной сферы;

- низкая степень актуальности ЭР;

- отсутствие поисковой навигации и обратной связи;

- множество страниц с отсутствующей информацией, либо с информацией, не соответствующей заявленной тематике;

- низкий уровень эргономичности ЭР;

- отсутствие электронных ссылок на интернет-ресурсы муниципальных учреждений вышестоящего уровня;

- низкая степень предоставления электронных услуг.

Для анализа Восточного территориального округа Красноярского края использовался метод парных сравнений по Т. Саати [3], представляющий собой математический инструмент системного подхода к сложным про-

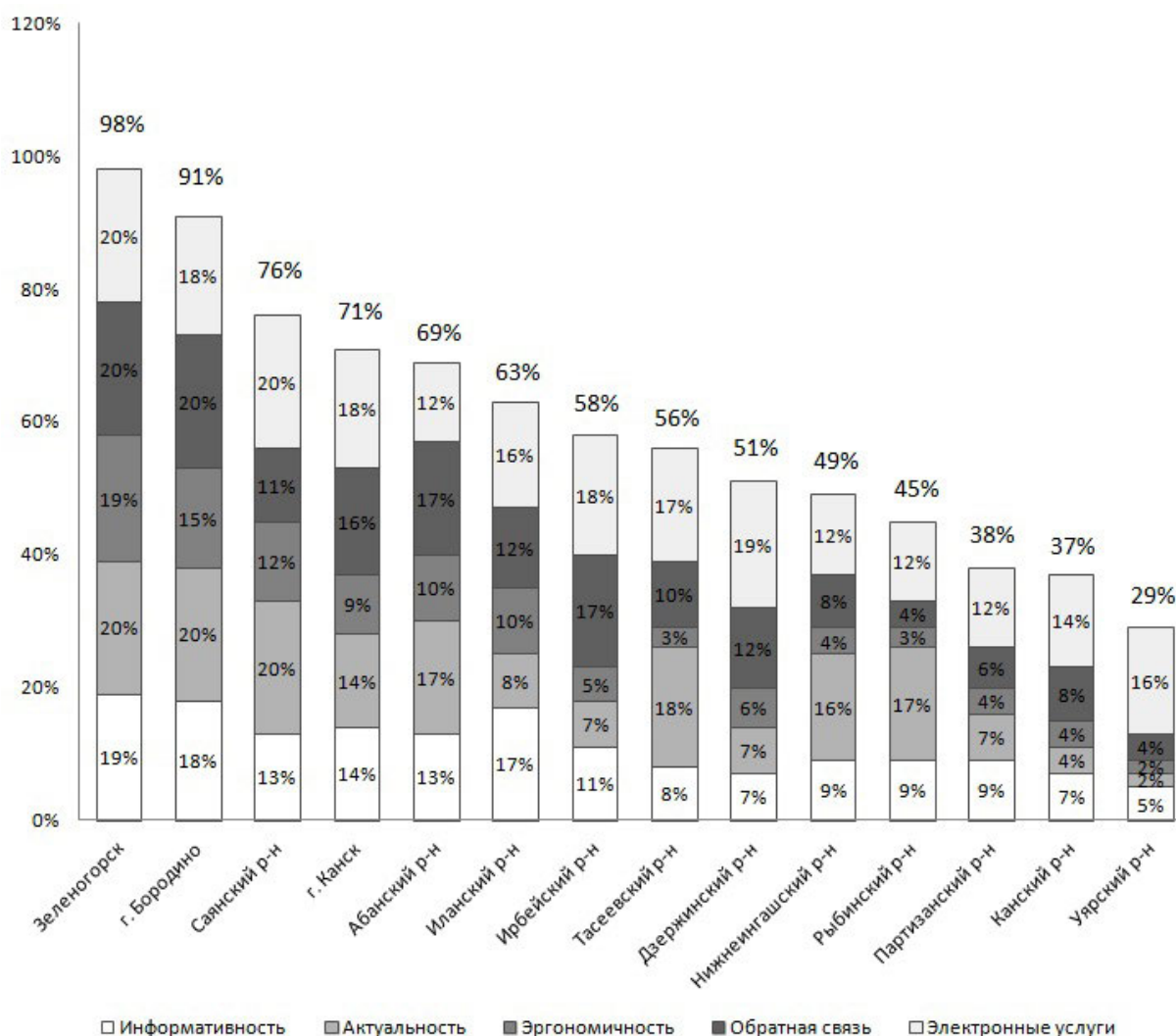


Рис. 1. Средневзвешенный показатель эффективности электронных ресурсов муниципальных образований Восточного территориального округа Красноярского края, основанный на ряде критериев

блемам принятия решений. Данный метод заключается в сравнении изучаемых объектов между собой попарно по выбранным критериям (Рисунок 1).

На данном этапе выполнено ранжирование по пяти признакам, которые представляются примерно равнозначными. В действительности можно увеличить количество критериев, но тогда потребуются их повторное ранжирование, так как их значимость оказывается различной. Для этого так же можно использовать метод парных сравнений по Т.Саати.

В рамках приведенных оценок использовались функциональные характеристики ЭР с точки зрения пользователя. Можно добавить технические характеристики такие как, время ожидания, количество операций и т.д. В данном случае эти характеристики обобщены в критерии эргономичность, которая была детализирована.

На основе вышеперечисленного ряда критериев, сформировалась общая картина информатизации общественной сферы, по итогам которой ЗАТО Зеленогорск является наиболее обеспеченным электронными ресурсами

в социальной сфере относительно других муниципальных образований Восточного территориального округа.

ЗАТО Зеленогорск имеет 4 ведомственных интернет-ресурса в социальной сфере, которые максимально эргономичны в использовании и оснащены всеми видами обратной связи, предоставляют всю необходимую пользователю информацию и ссылки на иные электронные государственные услуги.

В дальнейшем электронные услуги ведомств социальной сферы ЗАТО Зеленогорск использовались как шаблон.

Муниципальные образования, стоящие на ступень ниже шаблонного муниципалитета (г. Бородино, г. Канск, Саянский, Иланский и Абанский районы), имеют менее удобную для использования структуру ЭР и недостаточно емкую информативность.

Ведомственные интернет-ресурсы в социальной сфере остальных муниципальных образований Восточного территориального округа практически отсутствуют, а имеющиеся ЭР во многом уступают принятому шаблону, не предоставляя минимальный уровень необ-

ходимой информации и электронных услуг, контактные данные уполномоченных лиц, возможность связи с администрацией интернет-ресурса и юзабилити для конечного пользователя.

В современных условиях большое внимание акцентируют на формирование современной ИКТ-инфраструктуры и повышении эффективности государственного управления и местного самоуправления. Но особо остро встали проблемы перевода государственных и муниципальных услуг в электронный вид. Если на региональном уровне реализация целевой программы «Информационное общество (2011–2018 годы)» проходит успешно, то на местном уровне данный процесс все еще не ста-

билен, что говорит о самой низкой информатизации общественной сферы муниципалитетов.

Для предотвращения возникновения выявленных проблем на начальном этапе создания интернет-ресурсов следует разработать единый шаблон построения и оформления ЭР органов самоуправления и ведомств социальной сферы. Это позволит стандартизировать предоставляемую информацию и электронные услуги, а так же структурировать их для юзабилити пользователей.

В дальнейшем предполагается, что аналогичные исследования будут поведены для других округов Красноярского края.

Литература:

1. Федеральная целевая программа «Информационное общество (2011–2012 годы)» [Электронный ресурс] // Федеральные целевые программы России: сайт — URL: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2012/369/> (дата обращения 30.10.2012)
2. Электронное правительство и качество управления [Электронный ресурс] // EGOV 2.0: сайт — URL: <http://open-gov.ru/2012/11/04/elektronnnoe-pravitelstvo-i-kachestvo-gosupravleniya-2/> (дата обращения 3.11.2012)
3. Саати, Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: Аналитические сети: пер. с англ. / Т.Л. Саати; науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. — 2-е изд. — М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. — 360 с. — ISBN 978–5–397–00844–0

Каталоги лингвистических ресурсов: состояние и перспективы

Усталов Дмитрий Алексеевич, студент

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

В статье дано определение каталога лингвистических ресурсов, описан структурный состав и качественные характеристики. Проведён сравнительный обзор существующих каталогов. Сформулированы гипотезы о перспективах развития каталогов лингвистических ресурсов как тематических сообществ.

Введение

Такие информационные ресурсы, как словари и тезаурусы, корпуса текстов и банки данных, имеют огромную ценность в области обработки естественного языка. Это обусловлено спецификой фундаментальных и прикладных задач компьютерной лингвистики, нередко решаемых при помощи разнообразных статистических методов.

Часто задачи обработки текста сводятся к задачам машинного обучения: формируется вектор признаков, генерируется обучающая выборка, по выборке обучается классификатор, а полученный классификатор уже используется в составе какого-либо программного обеспечения.

Эффективность таких методов достаточно высока, что подчёркивается фразой Фредерика Йелинека [1], известного учёного в области теории вычислительных систем: «Каждый раз, когда лингвист покидает коллектив, качество распознавания речи возрастает»¹.

Несмотря на ценность и очевидную как научную, так и коммерческую значимость исследований и разработок в области обработки естественного языка, сегодня наблюдаются следующие проблемы:

— отсутствие доступного качественного инструментария² и вспомогательных утилит для обработки текста, для распознавания речи, и т.д.;

— нехватка доступных информационных ресурсов: машиночитаемых словарей, тезаурусов, размеченных

¹ «Anytime a linguist leaves the group the recognition rate goes up».

² Речь идёт о программном обеспечении для обработки русского языка по сравнению с программным обеспечением для обработки западноевропейских языков.

корпусов текстов, банков данных;

— дефицит экспертов, а также тематических мероприятий и образовательных программ в регионах.

Данные проблемы делают особенно актуальной задачу сбора, систематизации и распространения сведений о доступных средствах и ресурсах для обработки русского языка.

Каталог лингвистических ресурсов

Под *каталогом лингвистических ресурсов* понимается систематизированная совокупность электронных материалов, направленная на удовлетворение информационных потребностей пользователей, исследователей и разработчиков в области компьютерной лингвистики.

Структурный состав

Каталог лингвистических ресурсов не имеет строгие требования к тематике материалов, однако возможно условно выделить следующие категории:

1) программное обеспечение («ПО») — инструменты для обработки естественного языка;

2) ресурсы («Р») — словари, тезаурусы, корпуса текстов, банки данных, и т.д.;

3) методы («М») — модели, способы, алгоритмы, подходы к решению фундаментальных и прикладных задач компьютерной лингвистики;

4) мероприятия («МП») — тематические конференции, семинары, гранты, стипендии;

5) образование («О») — высшие образовательные учреждения, стажировки;

6) персоналии («П») — эксперты в области обработки естественного языка: представители предприятий и учреждений, учёные, прочие исследователи;

7) организации («ОР») — предприятия и учреждения, деятельность которых связана с обработкой естественного языка;

8) ссылки («С») — перечни ссылок на тематические ресурсы и сообщества.

Может оказаться, что некоторые категории оказываются заполнены значительно больше, чем другие. В таком случае целесообразно добавить дополнительную классификацию по направлениям внутри области обработки естественного языка: автоматическая обработка текста, распознавание и синтез речи, информационный поиск, и т.д.

Качественные характеристики

Данные характеристики необходимо сформулировать с точки зрения всех категорий пользователей каталогов лингвистических ресурсов:

— *представители коммерческих компаний и бюджетных учреждений*, желающие улучшить потребительские характеристики своих продуктов или услуг при помощи лингвистических технологий: каталог поможет снизить затраты на НИОКР благодаря детальному перечню доступных технологических решений, их особенностей и производителей;

— *исследователи*, стремящиеся опубликовать свои разработки и имеющие необходимость сравнить полученные научные результаты с достижениями других исследователей и коллективов: каталог поможет оперативнее определить вектор развития науки и техники в данной области;

— *разработчики программного обеспечения*: опубликованные в каталоге сведения о специфике разработки и функционирования инструментов обработки естественного языка позволят избежать лишних ошибок при проектировании и технической реализации собственного программного обеспечения;

— *студенты и аспиранты*, интересующимся информационными технологиями: каталог позволит быстрее разобраться в специфике обработки естественного языка, получить хорошие результаты выполнения курсовых и дипломных работ, а также продолжить работу в данной области.

Таким образом, можно выделить пять качественных характеристик, позволяющих оценить и сравнить существующие каталоги:

1) системность («С») — структурное представление электронных материалов в унифицированной форме;

2) доступность («Д») — каталог бесплатно доступен любому пользователю Интернета на условиях какой-либо свободной лицензии;

3) открытость («О») — возможность любого человека самостоятельно внести изменения в содержимое ресурса и участвовать в организационных процессах каталога;

4) коммуникативность («К») — наличие сетевого сообщества: группы компетентных людей, связанных общей целью развития и популяризации каталога;

5) актуальность («А») — состояние активности обновления каталога на текущий момент времени.

Существующие каталоги

При составлении обзора рассматривались популярные российские каталоги лингвистических ресурсов, найденные при помощи поисковых машин «Яндекс» и Google.

«Портал знаний по компьютерной лингвистике»

Портал знаний по компьютерной лингвистике призван обеспечить систематизацию и интеграцию знаний и информационных ресурсов по компьютерной лингвистике в единое информационное пространство, а также содержательный доступ к интегрированным знаниям и ресурсам [2].

На портале представлены знания об основных разделах компьютерной лингвистики, о ее предмете и объектах исследования, используемых в ней моделях и методах, разработанных в рамках компьютерной лингвистики технологиях, системах, программных продуктах и лингвистических ресурсах (словарях, корпусах и лингви-

стических баз данных), а также информация об ученых, сообществах, организациях, включенных в процесс исследования по компьютерной лингвистике и о выполняемых проектах в этой области.

Все изменения в содержимом портала осуществляются администрацией под руководством представителей Сибирского отделения РАН.

«Речевые технологии»

Портал «Речевые технологии» посвящён вопросам исследований в области распознавания и синтеза речи, разработки средств речевого управления и голосовой идентификации [3].

На портале имеется каталог программного обеспечения и банков данных для пользователя и разработчика инструментов работы с речью, тематический форум, а также лента новостей. Сведения об информационных ресурсах добавляются и корректируются администрацией портала.

«Лингвистика в России: ресурсы для исследователей»

Научно-образовательный портал «Лингвистика в России. Ресурсы для исследователей» создан в феврале 2006 года по инициативе Научно-исследовательского Вычислительного Центра МГУ им. Ломоносова и ГОУ ВПО «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина» [4].

Задачей портала «Лингвистика в России» является создание инфраструктуры для поддержки сообществ исследователей и преподавателей для информирования и открытого обсуждения научных и образовательных задач российской лингвистики, интеграция лингвистического сообщества РФ.

На портале собран каталог ссылок на различные российские проекты в области компьютерной лингвистики. Развитие каталога осуществляется администрацией портала под руководством представителей КГУ им В.И. Ульянова-Ленина.

«Каталог лингвистических программ и ресурсов в Сети»

Данный каталог включает в себя описание программ, связанных с анализом текстов и вычислительной лингвистикой, а также соответствующих ресурсов, доступных сегодня в глобальной сети Интернет [5].

Упор при составлении каталога делался на бесплатные программы, доступные для загрузки. Однако также описаны некоторые on-line и коммерческие версии программ. Тематически каталог разбит на следующие разделы: программы анализа и лингвистической обработки текстов; программы преобразования текстов; психолингвистические программы; генераторы текстов и «говорящие» программы; системы обработки естественного языка; коллекции ресурсов; словари и тезаурусы.

«mathlingvo»

mathlingvo — проект кафедры информационных систем в искусстве и гуманитарных науках СПбГУ, посвящённый математической и компьютерной лингвистике в России [6].

Представляет собой коллективный блог под руководством представителей кафедры, в котором уделено внимание перечням тематических конференций, периодических изданий, вакансиям. Также является представительством различных общественных инициатив, таких как OpenCorpora [7].

«NLPub»

NLPub — каталог лингвистических ресурсов, организованный в виде Вики-проекта, доступного для редактирования любому желающему [8]. Содержит пять категорий — инструменты (обработка текста, распознавание речи, утилиты), ресурсы (словари, тезаурусы, корпуса текстов, банки данных), а также сведения о тематических мероприятиях и доступных образовательных программах.

Сравнение каталогов

Сравнение каталогов будет проводиться путём изучения их содержимого на предмет наличия в них характеристик, описанных выше. Внимание уделяется двум аспектам: структурному составу и качественным характеристикам.

В табл. 1 представлено сравнение каталогов лингвистических ресурсов по структурному составу, в табл. 2 приведены результаты сравнения каталогов лингвистических ресурсов на основании приведённых выше качественных характеристик.

Анализ результатов

Наиболее полным и систематизированным источником является каталог «Портал знаний по компьютерной лингвистике» [2], который ориентирован на предметных специалистов и труден для восприятия людям без соответствующей квалификации. Также этот каталог не уделяет внимания образовательным программам и мероприятиям, что сужает область его применения. Отсутствие сообщества вокруг данного каталога делает затруднительным использование опубликованных знаний со стороны неспециалистов.

Портал «Речевые технологии» [3] является более любительским сообществом, посвящённым синтезу и анализу речи. Сообщество больше сосредоточено на общении, поэтому особого внимания каталогу не уделяется.

Каталог «Лингвистика в России: ресурсы для исследователей» [4] не заостряет своё внимание на обработке естественного языка, делая акцент на лингвистику в целом. Этим обусловлено отсутствие акцента на программное обеспечение и банки данных при достаточном количестве ссылок на тематические ресурсы.

Сайт «Каталог лингвистических ресурсов и программ в Сети» [5] является слабоструктурированным каталогом ссылок, поддержка которого прекратилась автором в 2002 г., однако представленные материалы имеют ценность до сих пор.

Коллективный блог «mathlingvo» [6] является хорошим новостным ресурсом, куда любой желающий

Таблица 1. Сравнение каталогов лингвистических ресурсов по структурному составу

№	Название каталога	ПО	Р	М	МП	О	П	ОР	С	Σ
1	Портал знаний по компьютерной лингвистике	1	1	1	0	0	1	1	1	6
2	Речевые технологии	1	1	0	0	0	0	0	1	3
3	Лингвистика в России: ресурсы для исследователей	0	0	1	1	1	1	0	1	5
4	Каталог лингвистических ресурсов и программ в Сети	1	1	0	0	0	0	0	1	3
5	mathlingvo	0	0	0	1	1	1	0	1	4
6	NLPub	1	1	1	1	1	0	0	0	5

Таблица 2. Сравнение каталогов лингвистических ресурсов по качественным характеристикам

№	Название каталога	С	Д	О	К	А	Σ
1	Портал знаний по компьютерной лингвистике	1	1	0	0	1	3
2	Речевые технологии	0	1	0	1	1	3
3	Лингвистика в России: ресурсы для исследователей	0	1	0	0	1	2
4	Каталог лингвистических ресурсов и программ в Сети	0	1	0	0	0	1
5	mathlingvo	0	1	1	1	1	4
6	NLPub	1	1	1	1	1	5

может прислать материал о мероприятии, образовательной программе, однако не уделяет внимания перечням программного обеспечения и информационных ресурсов (за исключением проекта OpenCorpora).

Вики-проект «NLPub» [8] направлен на коллективное пополнение каталога лингвистических ресурсов силами тематического сообщества. Нехватка данных может быть ликвидирована при возникновении социального заказа, учёного критической массой активных участников сообщества.

Заключение

В работе предложено определение каталога лингвистических ресурсов с обоснованием структурного состава

и качественных характеристик каталогов. Проведён сравнительный обзор существующих информационных источников.

Сравнительный обзор каталогов лингвистических ресурсов по структурному составу и качественным характеристикам показал актуальность организации сетевых сообществ вокруг данных информационных источников.

При наличии технических и организационных возможностей, развитое тематическое сообщество способно самостоятельно закрывать нехватку каких-либо сведений в каталоге, тем самым решая две важные задачи: популяризацию области обработки естественного языка среди неспециалистов и предоставление ценных уникальных данных для предметных специалистов.

Литература:

1. D. Jurafsky, J.H. Martin. Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics and Speech Recognition. Prentice-Hall, 2000.
2. Портал знаний по компьютерной лингвистике [Электронный ресурс]: Портал знаний по компьютерной лингвистике. — Режим доступа: <http://uniserv.iis.nsk.su/cl/> (дата обращения: 27.11.2012)
3. Речевые технологии информационный портал — распознавание речи, синтез речи [Электронный ресурс]: Речевые технологии. — Режим доступа: <http://speech-soft.ru/> (дата обращения: 25.11.2012)
4. Компьютерная лингвистика [Электронный ресурс]: Научно-образовательный портал «Лингвистика в России: ресурсы для исследователей». — Режим доступа: http://uisrussia.msu.ru/linguist/_B_comput_ling.jsp (дата обращения: 26.11.2012)
5. Каталог лингвистических программ и ресурсов в Сети [Электронный ресурс]: РВБ. — Режим доступа: <http://www.rvb.ru/soft/catalogue/catalogue.html> (дата обращения: 26.11.2012)
6. Математическая и компьютерная лингвистика [Электронный ресурс]: mathlingvo. — Режим доступа: <http://mathlingvo.ru/> (дата обращения: 28.11.2012)

7. ОрепСогрога: открытый корпус русского языка [Электронный ресурс]: ОрепСогрога. — Режим доступа: <http://орепсогрога.org/> (дата обращения: 28.11.2012)
8. NLPub — Заглавная страница [Электронный ресурс]: NLPub. — Режим доступа: <http://nlpub.ru/> (дата обращения: 21.11.2012)

ХИМИЯ

Синтез многофункциональных полимеров на основе низкомолекулярного полиэтилена и частично гидролизованного полиакрилонитрила и изучение их депрессорных свойств

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук, доцент;
Атауллаев Шерзод Набуллавич кандидат технических наук,
Бухарский инженерно-технический институт высоких технологий (Узбекистан)

Бахромов Хасан аспирант
Бухарский государственный университет (Узбекистан)

В настоящее время в качестве депрессорных присадок к нефтям и нефтепродуктам широко применяются высокомолекулярные соединения. Актуальная тенденция получения многофункциональных полимерных присадок, приводящих к сокращению числа присадок в композиции и дополнительных расходов на синтез отдельных видов.

Разработка депрессорных присадок, базирующихся на дешевом и доступном сырье и характеризующихся хорошими вязкостно-температурными свойствами, является актуальной задачей [1,2].

В связи с этим актуальной остаётся разработка эффективных присадок, которые, помимо качественных показателей позволят увеличить экономический эффект получаемых нефтепродуктов.

Изучение процесса получения частично гидролизованного полиакрилонитрила (ГИПАН) представляется актуальным не только с точки зрения исследования ещё одного вида полимераналогичных превращений, но и на основе местных вторичных сырьевых ресурсов химической промышленности создать уникальные полимерные присадки для дизельных топлив. В связи с этим изучение процесса получения депрессорных присадок на основе низкомолекулярного полиэтилена и ГИПАН представляет несомненный научно-практический интерес [3].

ГИПАН является продуктом отхода производства волокна нитрона, он производится ОАО «НАВОИАЗОТ», а также используется низкомолекулярный полиэтилен — отход Шуртанского ГХК. Вторичный материал волокна нитрон состоит из элементарных звеньев акрилонитрила, метилакрилата и итаконовой кислоты, в соотношении мономерных звеньев 92,2:6,3:1,5 соответственно.

Приготовление частично гидролизованного полиакрилонитрила осуществляли по методике [4], а также по ТУ 6.1–00203849–53. ИК-спектры сняли на приборе ИК-

Фурье спектрометре System 2000 FT-IR.

В ИК-спектре ГИПАНа появляются полосы поглощения валентных колебаний СН-группы в области 2957 см^{-1} , имеющих отдельный слабо выраженный максимум. Валентные колебания карбонильных групп проявляются максимумом в области 1667 см^{-1} . Валентные колебания NH_2 и OH проявляются интенсивной, широкой полосой в области поглощения $3250\text{--}3500\text{ см}^{-1}$, а деформационные колебания NH проявляются в области 1563 см^{-1} , 1451 , 1408 см^{-1} относятся $\text{CH}_2\text{—CO—}$ групп, 1326 см^{-1} относятся —C—N— связи, 680 см^{-1} деформационное колебание — C—H связи, 2120 см^{-1} ассиметричные валентные колебания $\text{—C}\equiv\text{N}$ групп.

В ИК-спектре полиэтилена проявляются валентные колебания CH_2 группы в области 2931 , 2855 см^{-1} , $1132\text{--}1378\text{ см}^{-1}$ относятся $(\text{—CH}_2\text{—})_n$ групп, 720 см^{-1} маятниковых колебания CH_2 групп $((\text{—CH}_2\text{—}), n > 4)$, 993 см^{-1} относятся неплоские деформационные колебания — CH_2 - групп.

В ИК — спектре привитого сополимера низкомолекулярного поли-этилена и ГИПАНа проявляется широкая интенсивная полоса 3400 см^{-1} для NH_2 группы, а полоса поглощения в области 2162 см^{-1} , —CN групп, 1659 см^{-1} полоса поглощения деформационных колебания —NH_2 групп, 1407 , 1454 см^{-1} , деформационные колебания $\text{—CH}_2\text{—}$ групп, $1353\text{--}1325$, 712 см^{-1} малоинтенсивная полоса поглощения относится к валентным колебаниям — CH связи.

Получение неводорастворимых продуктов ГИПАНа осуществляют следующим образом: водорастворимый продукт (33,0%) имеющий ($\text{pH}=14$) нейтрализовали до нейтральной среды ($\text{pH}=7$) с взаимодействием серной кислотой, выделенный комкообразный продукт в этанольной среде в присутствии H_2SO_4 получен продукт, содержащий в сложно эфирной группе (сополимер этилакрилата-акриламид-акрилонитрил соотношением (95:3,5:1,5).

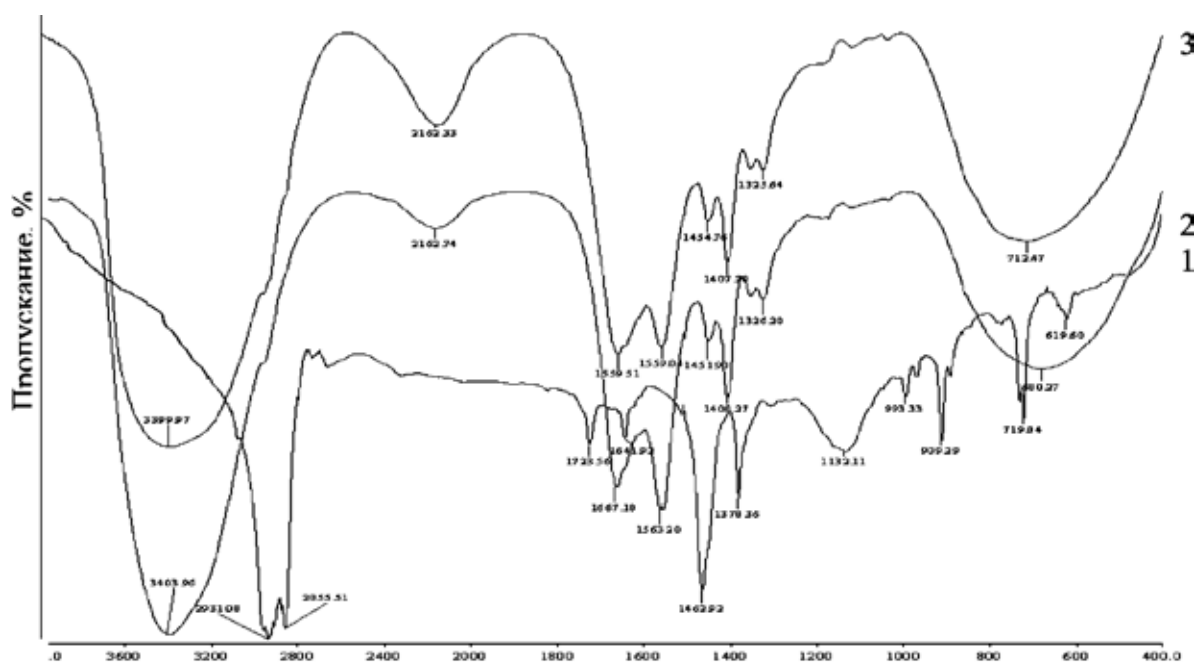


Рис. 1. ИК-спектры полиэтилена (1), ГИПАНа (2), и привитого сополимера (3), полученного на основе полиэтилена и ГИПАНа

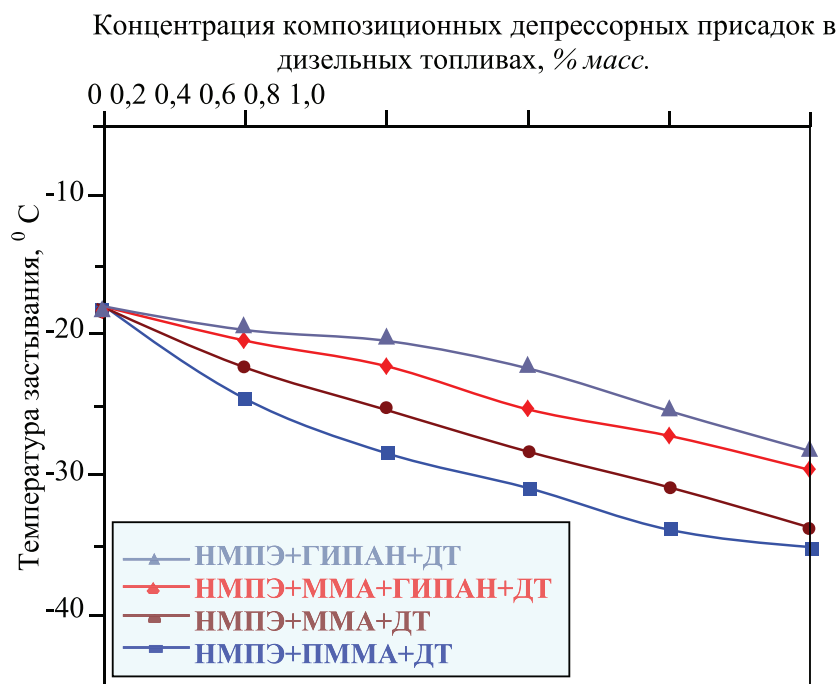


Рис. 1. Зависимость температуры застывания дизельных топлив от содержания депрессорных присадки

Низкомолекулярный полиэтилен растворяли CCl_4 или декалином и добавили инициатор перекиси бензоила, нагревали смесь до кипения ($80-120^\circ\text{C}$), в последующем добавили этилового эфира ГИПАНа перемешивали 3 часа при температуре 80°C .

Образующий продукт осаждали этанолом, очищали исходный продукт трёх кратным растворением октаном и осажждением этиловым спиртом [5].

Исследование депрессорных свойств диметилформидных растворов полученных привитых сополимеров (НМПЭ-ЭГИПАН), при различной концентрации депрессорной присадки ($0,001-1\%$ масс) добавленных в дизельное топливо (рис. 1).

Показано, что добавление в дизельное топливо привитых сополимеров (НМПЭ-ЭГИПАН) позволило получить присадки на вязкость дизельного топлива, так как

при концентрации 0,001 масс. % температура застывания -13°C , 0,01 масс. % -18°C , 0,1 масс. % -29°C , 1 масс. % -35°C соответственно. [6].

Таким образом, многофункциональные полимеры обладающие депрессорными свойствами, на основе низ-

комолекулярного полиэтилена и частичного гидролизованного полиакрилонитрила, эфирилат привитого сополимера понижают температуру застывания дизельного топлива 1,8 раз (-35°C).

Литература:

1. Тертеян Р.А. Депрессорные присадки к нефтям, топливам и маслам. М.: Химия, 1990. — 238 с.
2. Кулиев А.М. Химия и технология присадок к маслам и топливам. Л.: Химия, 1985. — 312 с.
3. Исмоилова Н.Д., Ахмедов А.И., Рустамова С.Н. Многофункциональные полимерные присадки //ХТТМ.-1992.№12. — с. 31—33.
4. Фозилов С.Ф., Хамидов Б.Н., Ахмедова О.Б., Мавлонов Ш.Б., Содиков У.М. Способ получения депрессорной присадки на основе низкомолекулярного полиэтилена с метиловым эфиром метакриловой кислоты. «Актуальные проблемы инновационных технологий химической, нефтегазовой и пищевой промышленности» Респуб. науч.техн.конф., Тошкент-Кунград. 2010 г. с. 43—44.
5. Фозилов С.Ф., Латипов Х., Мавлонов Ш.Б., Хамидов Б.Н. Использование полиметакрилатных присадок для получения зимнего дизельного топлива. Республиканская научно-практическая конф. «Актуальные проблемы химии высокомолекулярных соединений». Бухара 2010. — с. 57—58.
6. С.Ф. Фозилов, О.Б. Ахмедова, Ш.Б. Мавлонов, Ш.М. Сайдахмедов, Б.Н. Хамидов. Синтез и исследование свойств депрессорных присадок на основе гетероциклических эфиров полиметакриловых кислот. Узбекский журнал нефти и газа. Тошкент. 2010. № 4 — с. 41—42.

ГЕОЛОГИЯ

Лейкоксенизированный ильменит титано-циркониевых россыпей

Иоспа Анастасия Владимировна, аспирант

Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского (г. Москва)

Обсуждаются результаты исследования фазового состава и неоднородности ильменита титано-циркониевых россыпей для прогноза качества сырья методами рентгеновской микротомографии и рентгенодифракционного фазового анализа.

Ключевые слова: титано-циркониевые россыпи, ильменит, лейкоксен, рентгеновская микротомография, рентгенодифракционный фазовый анализ

Leucoxenized Ilmenite from Titan-Zirconium placer deposits

Iospa A.V.

All-Russia Institute of Mineral Resources (VIMS)

The results of ilmenite testing for phase composition with X-ray CT and X-ray diffraction are discussed. X-ray CT permits to obtain direct visual picture of the internal structure and its peculiarities, as an example the one of ilmenite has been for the first time studied with X-ray CT.

Key words: Ti-Zr placer deposits, leucoxene, ilmenite, X-ray CT, X-ray powder diffraction

Титано-циркониевые россыпи являются важным источником титанового и циркониевого сырья [1, 2]. Содержание основных полезных минералов в промышленных титано-циркониевых россыпях составляет десятки, иногда сотни килограммов на 1 м³ песков. В 2010–2011 гг. рынок титанового и циркониевого сырья оказался дефицитным, что вызвало рост цен, и, в свою очередь, активизировало геологоразведочные работы для восполнения разведанных запасов, поэтому исследование минералогическими методами состава и строения главных рудных минералов этих россыпей, в частности ильменита, позволит получить дополнительную информацию о характеристиках обогатимости сырья при определении рациональных схем его обогащения для получения товарных концентратов, удовлетворяющих по кондициям требованиям промышленности [2].

Главные рудные минералы Ti-Zr россыпей — ильменит FeTiO₃, псевдорутит Fe³⁺₂Ti₃O₉, рутил TiO₂, анатаз (реже брукит) TiO₂, циркон ZrO₂. Плотность большинства этих минералов находится в пределах 4–5 г/см³, поэтому они концентрируются в пластах песков различного зернового состава — от мелко- до крупнозернистого. Высокая физическая и химическая устойчивость и невысокая плотность минералов титана и циркония способствуют их пе-

реносу на значительные расстояния. Второстепенные минералы — кварц, полевой шпат, глауконит, каолинит; в подчиненном количестве встречаются кианит, силлиманит, ставролит, турмалин, гранаты, эпидот; в незначительных количествах — др. минералы; вредные примеси — хромшпинелиды, монацит.

Из титано-циркониевых песков получают следующие товарные концентраты: ильменитовый (58–68% TiO₂), лейкоксеновый (62–90% TiO₂), рутиловый (92–98% TiO₂), цирконовый, кварцевый. На некоторых месторождениях — полевошпатовый, монацитовый, кианитовый, глайконитовый и др. Промышленная ценность титано-циркониевых россыпей часто определяется не только главными полезными минералами титана и циркония, но и нерудной составляющей (кварц, каолин, полевой шпат), поскольку отходы обогащения, кварцевый песок и глина, могут использоваться в качестве сырья для стекольной и керамической промышленности, формовочных материалов и др.

Изучение минерального состава руд россыпных месторождений традиционными оптическими методами затруднительно из-за крупности слагающих минералов (так, основные рудные минералы россыпных Ti-Zr песков сосредоточены в классе крупности — 0,1+0,044 мм Бе-

шпагирское; — 0,047 мм Тарское) и сложности полиминерального состава россыпей (до 15–20 минералов). Методы оптической микроскопии не позволяют разделить неизменный и слабоизмененный ильменит ввиду близости их оптических констант.

При определении минерального состава методом оптической микроскопии получают некорректные данные для: хромшпинелидов, их содержание или завышено, или занижено; для кианита и анатаза, их содержание обычно занижено. При этом невозможно определить степень изменения ильменита; определить содержание кварца, присутствующего в тонкодисперсном лейкоксеновом агрегате, и состав самого «лейкоксена» [5].

Вторичное изменение ильменита называют «лейкоксенизация». Лейкоксен — минералогический термин, обозначающий полиминеральный агрегат, образующийся при изменении ильменита. На ранних стадиях лейкоксенизации — состоит преимущественно из псевдуртила $\text{Fe}^{3+}_2\text{Ti}_3\text{O}_9$. На более глубоких стадиях изменения — уже из псевдуртила, его гидратированных разновидностей и рентгеноаморфных оксидов и гидроксидов титана. При полностью прошедшем процессе вторичного преобразования ильменита «лейкокксен» состоит из вторичного рутила и рентгеноаморфных оксидов и гидроксидов титана. В незначительных количествах в лейкоксеновом агрегате содержатся гематит, анатаз, рутил, кварц и др. примеси.

Проведено исследование ильменита из концентратов ряда месторождений, отобранного из коллекции образцов промышленных типов руд (литотеки) ФГУП «ВИМС» им. Н.М. Федоровского, с целью изучения их фазового состава и морфологии методами рентгеновской микротомографии (РТ) и порошковой дифрактометрии — рентгенографического фазового анализа (РФА). Анализы выполнялись по нормативно-методическим документам отраслевых Научных советов по аналитическим методам (НСАМ) и методам минералогических исследований (НСОММИ) [3].

Впервые для изучения «лейкоксена» титано-циркониевых россыпей был применен метод рентгеновской микротомографии (РТ), которым можно изучать без разрушения и пробоподготовки морфоструктурные характеристики и фазовый состав полиминеральных агрегатов в естественной взаимориентации индивидов. Экспериментальные исследования выполнены на рентгеновском микротомографе ВТ-50–1 «Геотом» отечественного производства («Проминтро», Россия), изготовленном на базе промышленного томографа специально для исследования минеральных объектов. Прибор соответствует требованиям российских регламентирующих документов по аппаратуре неразрушающего контроля и международному стандарту ASTM E1441–11. Условия съемки: микрофокусный рентгеновский источник РЕИС-150М, рабочее напряжение рентгеновской трубки $U=100$ кВ, ток накала $I=2,9$ А; блок детекторов 8 измерительных каналов со сцинтилляторами CsJ (Na), ве-

ерная геометрия при сканировании, шаг сканирования 3 мкм, рабочее поле съемки до 15 мм в диаметре, перемещение по высоте до 7 см; использовался Al — образец сравнения. Время сканирования с параллельной обработкой данных 5–10 минут. Предел пространственного разрешения 5 мкм для линейных неоднородностей. Чувствительность к изменению величины линейного коэффициента ослабления рентгеновских лучей (ЛКО) — 1 %. РТ анализ выполнен согласно Методическим рекомендациям НСОММИ №130 «Исследование фазовой и структурно-текстурной микронеоднородности объектов методом рентгеновской микротомографии» [3].

Рентгенографический фазовый анализ позволяет изучить в порошке фазовый состав полиминеральных проб и агрегатов, а также особенности структуры (структурных характеристик) отдельных минералов. Определение минерального состава в методом рентгенографического фазового анализа выполнено на дифрактометре X'Pert PRO (Philips, Голландия) Условия съемки рентгенограмм: монохроматизированное Cu K_α излучение, $U = 50$ кВ, $I = 40$ мА, скорость записи 2 град/мин, внутренний стандарт — кремний (Si). Ограничения метода связаны с невозможностью диагностики рентгеноаморфных фаз, порогом обнаружения 0,5–1,0 мас. %, размер минеральных кристаллитов — не меньше 0,1 мкм. Анализ выполнен по Инструкции НСОММИ №54 «Рентгенографический количественный фазовый анализ (РКФА) черных шлихов из рудных (Ti-Zr) песков (на примере Бешпагирского месторождения)» [3].

Результаты исследования. Данные РТ — томограммы и значения линейного коэффициента ослабления рентгеновских лучей (ЛКО) — однозначно указывали на неоднородность состава рудных минералов в концентратах. «Лейкоксен» из индийского концентрата содержит реликты псевдуртила; при исследовании двух зерен, идентично выглядевших в оптическом микроскопе. Методом РТ установлено, что одно зерно является ильменитом, другое — псевдуртилом (Рис. 1, 2). Зерна «лейкоксена» российского концентрата являются однородными, в отличие от индийских.

Количественным рентгенографическим фазовым анализом, основываясь на известной методике РКФА черных шлихов Ti-Zr руд Бешпагирского месторождения [3], установлено: *ильменитовые* концентраты Ti-Zr россыпей Индии и Украины состоят преимущественно из псевдуртила, в индийском отмечается присутствие ильменита, в украинском он не установлен; *лейкоксеновые* концентраты — главным минералом российского является рутил (подтверждено микрорентгеноспектральным анализом), а индийский — смесью рутила и псевдуртила (рис. 2). Элементный состав ильменитовых концентратов приведен в таблице 1, их номера (1–4) соответствуют таковым на рис. 2 при исследовании методом порошкового рентгенодифракционного анализа.

Проведенные исследования показали, что наиболее экспрессными и экономически целесообразными для из-

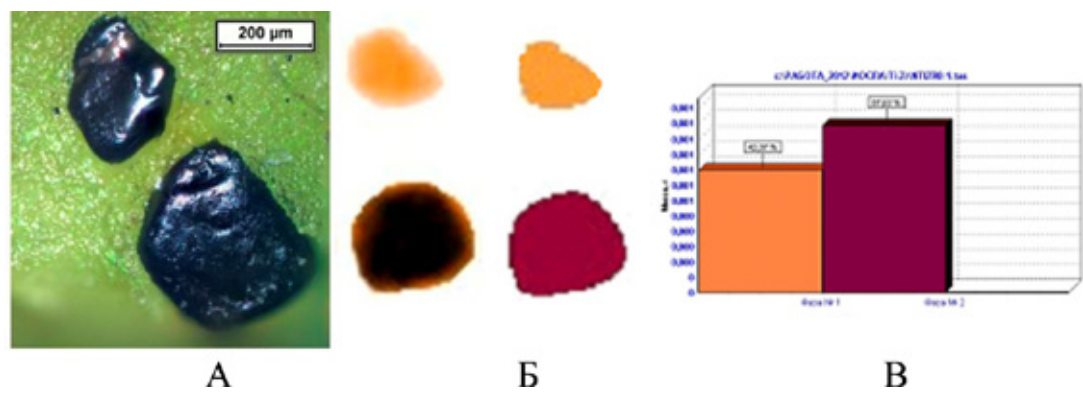


Рис. 1. Визуально сходные зерна ильменита и псевдуртила (Индия, ильменитовый концентрат), зд. и на рис. 3: А – фотография, Б – томограмма, обработка по «TomAnalysis» и В – гистограмма % соотношения фаз; ильменит – малиновое, псевдуртил – оранжевое



Рис. 2. Россыпь зерен ильменита и псевдуртила (соотв. рис. 4): ильменит – малиновое и фиолетовое (структурно упорядоченный ильменит), псевдуртил – оранжевое

Таблица 1. Элементный состав зерен ильменитового концентрата, в %

	Mg	Al	Si	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	O	Total
1	0.14	0.19	0.22	0.06	37.60	0.24	0.00	1.17	22.21	35.66	97.50
2	0.15	0.31	0.27	0.09	37.72	0.07	0.12	1.02	21.72	35.64	97.11
3	0.13	0.20	0.16	0.08	37.02	0.38	0.00	1.26	22.89	35.60	97.73
4	0.07	0.22	0.17	0.06	37.76	0.22	0.00	1.32	21.66	35.47	96.94

учения минерального состава, в том числе при определении показателей обогатимости сырья, являются рентгенографический и рентгенотоммографический методы исследования.

Выражаю благодарность научному руководителю д.г.-м.н. Ожогойной Е.Г. за общее руководство работой; к.г.-м.н. Кривоконовой Г.К и к.г.-м.н. Якушиной О.А. за консультации; Кривощекову Н.Н. за фотографии образцов.

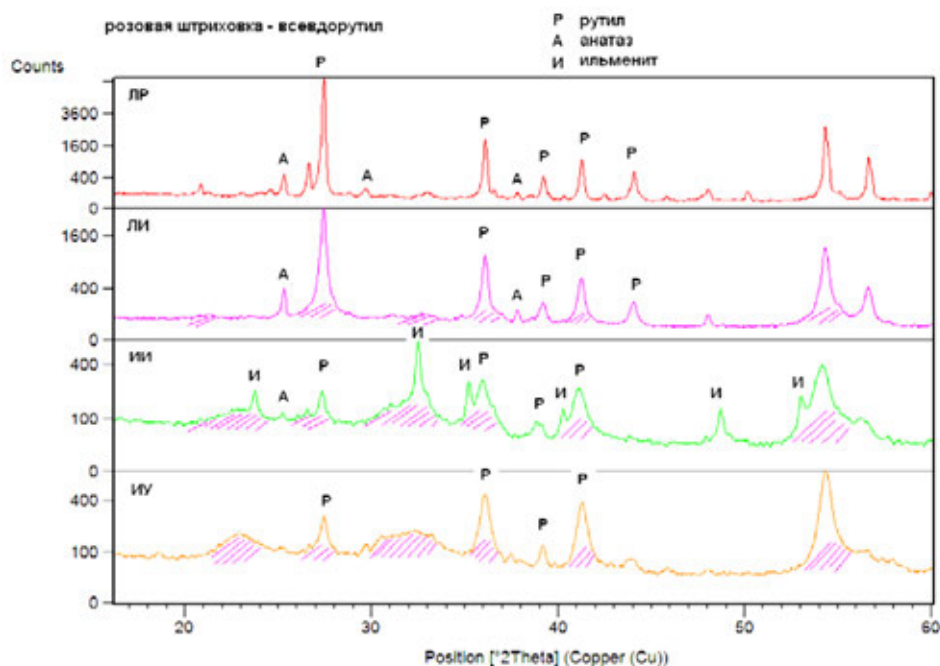


Рис. 3. Дифрактограммы лейкоксеновых (Л) и ильменитовых (И) концентратов из Индии – ЛИ и ИИ, Украины – ИУ, России – ЛР

Литература:

1. Распоряжение Правительства РФ от 21 июня 2010 г. № 1039-р. «Стратегия развития геологической отрасли до 2030 года». Собр. законодат. РФ, 28.06.2010, N26, ст. 3399.
2. Распоряжение МПР РФ от 05.06.2007 № 37-р «Об утверждении Методических рекомендаций по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».
3. Нормативно-методическая документация по аналитическим, минералогическим и технологическим исследованиям // Справочник. Издание третье, дополненное / М.: ФМЦ лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС», 2008. – 152 с. ; дополнения 2012 г.М.: «ВИМС». 2012. – 10 с.
4. Иоспа А.В. «Лейкоксен: минерал или агрегат» /Тез. докл. IV Науч.-практ. конф. 22–23 мая 2012, Москва / М.: ВИМС. – 2012. – С. 57.

ГЕОГРАФИЯ

Геолого-геоморфологические особенности района строительства и эксплуатации Ирганайской гидроэлектростанции во Внутригорном Дагестане

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, профессор;

Алиханов Низам Закирович, студент;

Балгуев Арсен Тагирович, студент;

Мусагаджиев Мухтар Закирович, студент

АНО «Энергетический колледж» (г. Каспийск, Республика Дагестан)

Район строительства и эксплуатации Ирганайской гидроэлектростанции находится у северной границы Внутригорного Дагестана. Гидроэнергетический комплекс располагается на реке Аварское Койсу выше места слияния последнего с рекой Андийское Койсу. Ирганайское водохранилище имеет следующие проектные морфометрические характеристики: длина 16 км, средняя ширина 1,5 км, средняя глубина 38 м, максимальная 100 м, общая площадь поверхности водоема — 17,59 км², общий объем воды — 669 млн.м³.

Район тянется неширокой полосой с северо-запада на юго-восток. Расстояние от северо-западной границы до юго-восточной составляет 40–45 км, от западной до восточной — 20–25 км.

В административно-территориальном отношении — это территория Унцукульского и частично Гергебильского районов Республики Дагестан. На северо-востоке район граничит: по гребню Гимринского хребта с Буйнакским районом, на юго-востоке с Гергебильским районом, на юге по плато Аракмеэр с Хунзахским районом.

По схеме физико-географического районирования Дагестана [2; 11] территория строительства и эксплуатации Ирганайской гидроэлектростанции находится в районе Известнякового Дагестана с господством ландшафтов горноксерофитной, горно-степной и лугово-степной высотных зон [4; 5; 7–10].

Поверхность района, образовавшаяся в результате взаимодействия тектонических процессов и эрозионной деятельности текущих вод, представляет собой достаточно сложную картину [1]. В зависимости от особенностей строения поверхности территорию рассматриваемого района можно разделить на 3 геоморфологических подрайона:

1. Правобережный (Гимринско-Зуберхинский);
2. Левобережный (Аракмеэрский);
3. Долинный (долины реки Аварского Койсу).

Правобережный (Гимринско-Зуберхинский) подрайон представляет собой юго-западные отроги Гимринского хребта и горный массив Зуберха (2338 м). Здесь господствуют складчатые антиклинальные структуры: Гимринская, Ирганайская и Араканская антиклинали и Кулимеэровская коробчатая антиклиналь, которые сложены нижне- и верхнемеловыми (мощностью до 500–550 м) и средне- и нижнеюрскими известняками, песчаниками и сланцами. Мощность среднеюрских отложений — около 400 м.

Хребты имеют куэстовое строение, гребни хребтов узкие. Высота отрогов 800–2000 м над уровнем моря. Самостоятельными орографическими элементами выступают параллельно тянувшийся Гимринскому хребет Дутмалквача, хребет Накилрох, плато Магмузтау (2286 м), массивы Шугимеэр (1901 м) и Накимеэр (2016 м), гора Алегич (2173 м) и Зуберха (2338 м), являющаяся высшей точкой этой части района. Склоны их крутые, часто обрывистые, труднодоступные, расчленены долинами рек (рис. 1), сухими ложбинами. Довольно густа сеть оврагов и балок, их густота достигает 0,27 км/км². Глубина расчленения составляет 400–600 м. Здесь часто встречаются участки, где мощность почвенных горизонтов не превышает 10–12 см, иногда почвенный покров отсутствует вообще, и на поверхность выходят горные породы.

Для хозяйственного освоения местности имеется ряд неблагоприятных черт природы: сложность рельефа, большие площади крутых склонов и скал, густое овражно-балочное расчленение у подножий гряд и плато, интенсивные процессы эрозии [1]. Характерны обвалы, осыпи, малая мощность и щебнистость почв, преобладание малопродуктивного травостоя.

Перечисленные характеристики местности определяют пригодность данного подрайона в основном под летние пастбища для коз и овец. Выпас крупного рогатого скота ограничен. Изредка здесь встречаются мелкие



Рис. 1. Долина реки Канзи в боковом ущелье Ирганайской котловины. Фото З. Атаева

участки пашни с посевами ячменя и овса, а также сенокосы ручной уборки. Пастбища сильно вытравлены, поэтому требуется регламентация выпаса скота.

Левобережный (Аракмеэровский) подрайон представлен северо-восточными склонами плато Аракмеэр и его отрогами, занимающими юго-западную часть территории района. На северо-западе возвышается плато Бетли. Эта территория также характеризуется сложным орографическим строением. Морфоструктуры вытянуты в основном с северо-запада на юго-восток. С севера на юг располагаются Бетлинская и Аракмеэльская складчатые антиклинальные структуры, в складках которых смяты отложения мелового и среднеюрского возраста, состоящие из известняков, песчаников и сланцев. Наибольшие площади занимают верхне- и нижнемеловые известняки, подстилаемые сланцевой и песчаниковой толщами мела и средней юры. Мощность нижнемеловых отложений около 1200–1300 м, верхнемеловых — от 700 до 1200–1400 м, среднеюрских — от 200–300 до 2000 м [1].

Для подрайона характерен структурно-денудационный и эрозионно-денудационный рельеф. Крупные черты рельефа совпадают в основном с тектонической структурой. Антиклинальное плато Аракмеэр бронировано верхнемеловыми известняками. В рельефе преобладают скалы и склоны крутизной 10–20°.

Существенное значение в рельефе имеют долины мелких рек, ложбины стока временных водотоков, овражно-балочное расчленение. Нижние части склонов плато, сложенные рыхлыми песчано-сланцевыми породами, превращены в бедленд. Для боковых притоков, имеющих временные водотоки, в нижнем течении ха-

рактерны древние и современные конусы выноса из галечников и песчано-глинистых наносов. Интенсивные процессы физического выветривания обуславливают образование осыпных конусов и шлейфов из щебня сланцев, песчаников и известняков [1].

На поверхности известнякового плато Аракмеэр, особенно в ее юго-восточной части, примыкающей к долине Аварского Койсу и носящей местное название Гоцемер, развиты карстовые формы рельефа в виде небольших пещер, ниш, воронок, колодцев, карров (рис. 2) и т.д. Имеются небольшие (диаметром до 20 м) карстовые озера [3]. Средняя высота хребта Аракмеэр около 2200 м, максимальная — 2356 м (г. Аракмеэр). Отроги плато Аракмеэр в виде хребтов Чабатибал, Антуни, Гайираал, Яхулраал, Баладнаха и др. тянутся с юго-запада на северо-восток, гребни хребтов узкие.

Отрицательными природными особенностями подрайона являются скалистость и крутизна рельефа, оползни, обвалы и каменистые осыпи.

Для данного подрайона характерно горное земледелие, причем около 15% занимают аллювиальные террасированные почвы. Частично распаханы также пологие склоны, горные плато и террасы в долинах мелких рек, где применяется искусственное орошение. На склонах и плато выращивают пшеницу, кукурузу, ячмень, бобовые и овощные культуры, в том числе картофель. Степи и луго-востепи, субальпийские остепненные луга используются под преимущественно пастбища, частично под сенокосы.

Долинный подрайон (долина реки Аварское Койсу) — является одним из немногих участков на всем протяжении Аварского Койсу, где наблюдаются хорошо



Рис. 2. Карры на поверхности горного массива Зуберха во Внутригорном Дагестане. Фото З. Атаева

выраженные пойменно-русловые расширения и остатки довольно крупных для горных рек Дагестана древних аллювиальных террас. Долина является днищем Ирганайской котловины, протягивающейся на 22 км от юго-западных склонов Ирганайской антиклинали и борта Бетльского прогиба до места впадения Каракойсу в Аварским Койсу. В нижней части она переходит в Гимринское ущелье, в верхней — в Кудутлинскую и Гергебильскую котловины. Русло реки имеет высотные отметки 400–500 м, ширина долины на этих высотах колеблется в пределах 80–250 м, а самой реки — в среднем около 40 м. Пойма реки довольно широкая, но местами она резко сужается. Ирганайская долина заполнена аллювиальными и делювиально-пролювиальными галечниками, песками, глинами и суглинками, делювиальными песчано-сланцево-известняковыми и глинистыми наносами, прослеживается серия цокольно-аккумулятивных и аккумулятивных террас.

В большинстве случаев надпойменные террасы ограничены от пойменной хорошо заметным обрывистым уступом (10–15 м). Ширина надпойменной террасы иногда достигает 1 км, протяженность террас бывает значительной (например, у сел. Зирани и Ирганай надпойменная терраса Аварского Койсу протянулась на расстояние 10 км), террасы незначительно расчленены промоинами, крутизна 1–3°. Здесь располагаются большие площади поливных садов. Иногда террасы отсут-

ствуют. В таких случаях поймы узкие и резко переходят в крутые, часто обрывистые склоны окружающих хребтов. В рассматриваемом подрайоне основную роль играет долинное садоводство.

В долине Аварского Койсу в пределах Араканской части котловины выражены цокольно-аккумулятивные галечниковые террасы на высотах 5, 10–12 м над урезом и цокольные террасы. Наиболее четко прослеживаются четвертая и пятая террасы на песчано-сланцевых породах. Широко распространены обвально-осыпные делювиальные шлейфы, осыпные конусы с крупнощебнистым материалом.

Долины притоков Аварского Койсу обычно неоформленные. Поймы притоков прерывистые, заполнены обломочным материалом различной формы и величины. В некоторых долинах рек (в связи с близостью воды для полива) встречаются искусственные террасы. Чаше такие террасы встречаются в нижнем течении рек. Террасы эти сравнительно невелики, крутизной 3–7°. На искусственных террасах размещаются пашни и многолетние насаждения.

Выявление геолого-геоморфологических особенностей территории строительства и эксплуатации Ирганайской гидроэлектростанции позволит проводить правильный для хозяйственного освоения местности комплекс мелиоративных мероприятий и наметить решение ряда природоохранных и экологических проблем.

Литература:

1. Акаев Б.А., Атаев З.В. Современные геоморфологические процессы и их влияние на формирование рельефа Дагестана // Труды Географического общества Республики Дагестан. 1999. № 27. С. 55–57.
2. Атаев З.В. Физико-географические провинции Дагестана // Труды Географического общества Республики Дагестан. 1995. № 28. С. 83–87.

3. Атаев З.В. Географические особенности формирования и пространственной дифференциации природно-территориальных комплексов горного Дагестана // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2004. № 1. С. 35–42.
4. Атаев З.В. Котловинные ландшафты Внутригорного Дагестана // Естественные и технические науки. 2008. № 4. С. 176–178.
5. Атаев З.В., Абдулаев К.А., Магомедова А.З. Географические особенности котловинных ландшафтов Внутригорного Дагестана // Юг России: Экология, развитие. 2008. № 2. С. 96–99.
6. Атаев З.В., Байрамкулова Б.О., Бекмурзаева Л.Р. Особенности современных климатических условий горно-котловинных ландшафтов северного склона Большого Кавказа // Естественные и технические науки. 2009. № 4. С. 237–240.
7. Байрамкулова Б.О., Атаев З.В. Сравнительный анализ временной структуры горно-котловинных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2009. № 4. С. 83–86.
8. Братков В.В., Абдулаев К.А., Атаев З.В. Ландшафты горного Дагестана // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2007. № 5. С. 78–81.
9. Братков В.В., Атаев З.В. Интегральная оценка влияния климатических условий на горно-котловинные ландшафты северного склона Большого Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2009. № 3. С. 99–101.
10. Братков В.В., Атаев З.В., Байрамкулова Б.О. Географические особенности горных умеренных семигумидных и семиаридных ландшафтов северного макросклона Большого Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2009. № 1. С. 92–96.
11. Федина А.Е. Физико-географическое районирование восточной части северного склона Большого Кавказа // Ландшафтное картографирование и физико-географическое районирование горных областей. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1972. С. 5–96.

Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 12 (47) / 2012

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Главный редактор:

Ахметова Г. Д.

Члены редакционной коллегии:

Ахметова М.Н.

Иванова Ю.В.

Лактионов К.С.

Комогорцев М.Г.

Ахметова В.В.

Брезгин В.С.

Котляров А.В.

Яхина А.С.

Ответственный редактор:

Шульга О. А.

Художник:

Шишков Е. А.

Верстка:

Бурьянов П.Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях,
ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

672000, г. Чита, ул. Бутина, 37, а/я 417.

Е-mail: info@moluch.ru

<http://www.moluch.ru/>

Учредитель и издатель:

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Ваш полиграфический партнер»
127238, Москва, Ильменский пр-д, д. 1, стр. 6