



# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

*Сборник статей по материалам  
XXXII международной научно-практической конференции*

№ 3 (28)  
Март 2014 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск  
2014

УДК 62  
ББК 30  
Т 38

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

**Ахметов Сайранбек Махсutowич** — д-р техн. наук, профессор, ректор  
Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных  
систем.

Редакционная коллегия:

**Ахмеднабиев Расул Магомедович** — канд. техн. наук, доцент Полтавского  
национального технического университета имени Юрия Кондратюка;

**Елисеев Дмитрий Викторович** — канд. техн. наук, доцент Института  
развития дополнительного профессионального образования;

**Копылов Алексей Филиппович** — канд. техн. наук, доц. кафедры  
Радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского  
федерального университета;

**Романова Алла Александровна** — канд. техн. наук, доцент кафедры  
прикладной физики Санкт-Петербургского государственного экономического  
университета.

**Т 38 Технические науки — от теории к практике /** Сб. ст.  
по материалам XXXII междунар. науч.-практ. конф. № 3 (28).  
Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. 162 с.

Учредитель: НП «СибАК»

Сборник статей «Технические науки — от теории к практике»  
включен в систему Российского индекса научного цитирования  
(РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей  
обязательна.

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>7</b>
УПРАВЛЕНИЕ HR-ПРОЦЕССОМ В КОММЕРЧЕСКОМ БАНКЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ Бородин Андрей Викторович	7
ЦЕННОСТНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ Бушуев Сергей Дмитриевич Молоканова Валентина Михайловна	14
<b>Секция 2. Машиностроение и машиноведение</b>	<b>23</b>
УЛУЧШЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ОТВЕРСТИЙ ШПИНДЕЛЬНОЙ ОСИ В КОРПУСАХ КОРОБОК СКОРОСТЕЙ, ОБРАБАТЫВАЕМЫХ В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ С АЭРОСТАТИЧЕСКИМИ ОПОРАМИ Лутьянов Александр Владимирович Преображенская Елена Викторовна	23
АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ДИСКОВЫХ МНОГОЗУБЫХ ИНСТРУМЕНТОВ Парненко Валерия Сергеевна	28
<b>Секция 3. Энергетика и энергетические техника и технологии</b>	<b>35</b>
ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ В РОССИИ Тарасов Алексей Сергеевич	35
ЛОКАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА В КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ ТЕПЛООБМЕННИКА Шевченко Сергей Николаевич Шинкарева Нина Владимировна Гузнаева Ольга Геннадьевна	42

**Секция 4. Материаловедение  
и металлургическое оборудование и технологии** **50**

ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ МЕДНЫХ ОТХОДОВ  
В ПОРОШКИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ  
ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ 50

Агеев Евгений Викторович  
Агеева Екатерина Владимировна  
Хорьякова Наталья Михайловна  
Малюхов Виталий Сергеевич

МИКРОСТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА  
ПОСЛЕ ОБЪЕМНОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ  
КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 09Г2С 56

Мордовской Петр Григорьевич  
Яковлева Софья Петровна  
Махарова Сусанна Николаевна

**Секция 5. Аэро-космическая техника  
и технологии** **62**

ОПТИМАЛЬНЫЕ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕХОДА  
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МЕЖДУ ЗАДАНЫМИ  
ОРБИТАМИ РАЗЛИЧНОГО ТИПА 62

Королев Владимир Степанович

**Секция 6. Строительство и архитектура** **71**

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА  
ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ДРЕВЕСНО-  
ЦЕМЕНТНОГО МАТЕРИАЛА НА ЕГО ПРОЧНОСТЬ 71

Андреев Александр Александрович

СФЕРИЧЕСКИЕ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ МОРСКИЕ  
ВОЛНЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МОРСКИЕ  
СООРУЖЕНИЯ 76

Асланов Ляtif Фирудин оглы

ПРОЧНОСТЬ БЕТОНОВ АРМИРОВАННЫХ  
СТАЛЬНЫМИ ВОЛОКНАМИ 86

Ахмеднабиев Расул Магомедович  
Гутак Ольга Игоревна

АРХИТЕКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛЫХ  
ГОСТИНИЦ НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО СОЧИ 93

Трухачёва Галина Александровна  
Шапиро Григорий Ефимович

**Секция 7. Технология продовольственных  
продуктов** **102**

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ  
ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ И ИЗУЧЕНИЕ СРОКОВ  
ХРАНЕНИЯ РЫБНЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
С РАСТИТЕЛЬНЫМ СЫРЬЕМ КОЛЬСКОГО  
ПОЛУОСТРОВА 102

Бражная Инна Эдуардовна  
Недашковская Александра Юрьевна  
Быкова Анна Евгеньевна

ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ  
И САХАРОВ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ НАТУРАЛЬНОСТИ  
МАНДАРИНОВЫХ СОКОВ 109

Нижарадзе Этери Шотаевна

ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ ПЧЕЛОВОДСТВА  
НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ ЙОГУРТА 114

Ломова Неонила Николаевна  
Снежко Ольга Олеговна

**Секция 8. Приборостроение, метрология,  
радиотехника** **119**

СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ОЦЕНКИ  
ЧАСТОТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТРЕНДА ПО ЧИСЛАМ  
ПЕРЕСЕЧЕНИЯ НУЛЕВОГО УРОВНЯ 119

Левенец Алексей Викторович

**Секция 9. Безопасность жизнедеятельности  
человека, промышленная безопасность,  
охрана труда и экология** **126**

АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ ОБЪЕКТОВ  
НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ  
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ 126

Фенюк Наталья Анатольевна  
Фенюк Антон Юрьевич  
Кравцов Александр Валериевич

**Секция 10. Организация производства  
и менеджмент, системы управления качеством** **132**

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ОРГАНИЗАЦИИ МЕТОДОМ САМООЦЕНКИ  
(МОДЕЛЬ ПРЕМИИ КАЧЕСТВА) 132  
Парфеньева Ирина Евгеньевна  
Андина Юлия Семеновна

**Секция 11. Нанотехнологии и наноматериалы** **140**

ФОРМИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ ДЕНДРИТОВ  
В БАРЬЕРНОМ ГАЗОВОМ РАЗРЯДЕ 140  
АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ  
Богослов Евгений Александрович  
Воронина Елена Валентиновна  
Данилаев Максим Петрович  
Косско Игорь Александрович  
Морозов Олег Геннадьевич  
Насыбуллин Айдар Ревкатович  
Пашин Дмитрий Михайлович

ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ВОДНЫХ ВЗВЕСЕЙ НАНОЧАСТИЦ АЛМАЗА 148  
Войтылов Алексей Владиславович  
Петров Михаил Павлович  
Трусов Анатолий Анатольевич  
Войтылов Владислав Викторович  
Клемешев Сергей Алексеевич

## **СЕКЦИЯ 1.**

### **ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

#### **УПРАВЛЕНИЕ HR-ПРОЦЕССОМ В КОММЕРЧЕСКОМ БАНКЕ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

***Бородин Андрей Викторович***

*канд. экон. наук, профессор кафедры информатики  
и системного программирования*

*Поволжского государственного технологического университета,  
РФ, Республика Марий Эл, г. Йошкар-Ола*

*E-mail: [bor@mari-el.com](mailto:bor@mari-el.com)*

#### **HR-MANAGEMENT IN COMMERCIAL BANK ON THE BASIS OF TECHNOLOGIES OF SIMULATION**

***Andrey Borodin***

*candidate of Science, professor of Informatics  
and System Programming department  
of Volga State University of Technology,  
Russia, Republic of Mari El, Yoshkar-Ola*

#### **АННОТАЦИЯ**

Рассмотрена проблема управления персоналом розничной подсистемы коммерческого банка. Обоснована актуальность проблемы. Предложены модели единичного акта обслуживания клиента банка и деятельности всей розничной подсистемы в течение заданного промежутка времени. Сформулирована оптимизационная

задача определения численности персонала и формирования политики его мотивации. Разработана технология управления персоналом на основе имитационного моделирования и идей теории риска.

#### ABSTRACT

The article deals with the problem of human resource management of a retail subsystem of commercial bank. It is shown that relevance of a problem. Much attention is given to models of the single act of service of the client of bank and activities of all retail subsystem during the given period. It is described in detail about the optimization task of calculation of number of staff and formation of a policy of his motivation. The paper gives valuable information about the technology of human resource management on the basis of simulation modeling and ideas of the theory of risk.

**Ключевые слова:** коммерческий банк; розничная подсистема; управление персоналом; имитационное моделирование; сеть Петри; риск; мера риска; оптимизация.

**Keywords:** bank; retail; HR-management; simulation; Petri net; risk; risk measure; optimization.

Подавляющее большинство коммерческих банков (КБ) современной России активно развивают розничный сегмент своего бизнеса. Для одних — это значимый источник ресурсов. Для других — сфера специализации в части продвижения ссудного продукта населению. Однако для обеих групп банков подбор фронт-офисного персонала оказывается чрезвычайно сложной задачей. Действительно, с одной стороны, общее требование повышения эффективности банковской деятельности определяет, во-первых, необходимость внедрения технологий интенсификации труда, во-вторых, необходимость использования различных систем мотивации персонала, и, все это, на фоне жесткого ограничения фонда оплаты труда (ФОТ). С другой стороны, качество персонала зависит от его способности к обучению, ответственности сотрудников за результаты своего труда, наличия достаточного опыта работы и стремления к личному росту. Перечисленные требования и личные качества сотрудников во многом противоречат друг другу. Например, интенсификация труда, опыт персонала и сепаратная мотивация вступают в противоречие с ограничением ФОТ. Заметная способность к обучению и невысокая требовательность к уровню оплаты труда (со стороны молодых специалистов) часто не способствует повышению ответственности. Кроме того способности к эффективному обучению на фоне спорной (по мнению персонала) мотивации значительно повышают риск



мошенничества со стороны сотрудников. Таким образом, персонал розничного дивизиона КБ — источник ошибок и, следовательно, убытков. В этих условиях задача эффективного управления персоналом (HR-процессом) становится для КБ крайне трудной и чрезвычайно актуальной.

В настоящей работе предлагается подход к управлению HR-процессом в розничной подсистеме КБ на основе технологий имитационного моделирования и методов теории риска. Основной целью использования предлагаемых в работе моделей является выбор численности персонала по работе с клиентами розничной подсистемы КБ и политики мотивации этого персонала, оптимальных по критерию совокупной доходности розничного дивизиона КБ (с учетом потерь от ошибок и мошенничества).

В основу предлагаемого подхода положена модель обслуживания одного клиента одним сотрудником розничной подсистемы КБ. В качестве языка описания модели используется стохастическое расширение сетей Петри [1, 2, 3, 4]. Модель представлена на рис. 1. Описания позиций и переходов модели, представленной на рисунке, приведены в таблице 1. Характеристикой переходов  $t_{11}$ ,  $t_{21}$  и  $t_{22}$  являются соответствующие событиям средние убытки, а переходов  $t_{12}$  и  $t_{23}$  — средняя прибыль на одну операцию.

На основе описанной модели одной операции строится модель обслуживания клиентов в течение заданного интервала времени всей розничной подсистемой КБ (см. рис. 2). Эта модель предполагает, что обслуживание клиентов осуществляют  $m$  сотрудников, каждый из которых в течение заданного времени обслуживает в среднем  $n$  клиентов. События, связанные с обслуживанием потока клиентов предполагаются независимыми. Переход  $t^1_0$  соответствует событию начала обслуживания, его характеристика включает все затраты на обучение  $m$  сотрудников. Переход  $t^1_1$  соответствует событию завершения обслуживания в конце моделируемого периода, включающему в себя, в том числе, анализ результатов работы и подведение итогов. Переходы вида  $t^1_{ij}$  описывают действия  $i$ -го сотрудника между обслуживанием  $j$ -го и  $j+1$ -го своих клиентов. Подсеть  $N_1$  представляет собой модель одной операции.

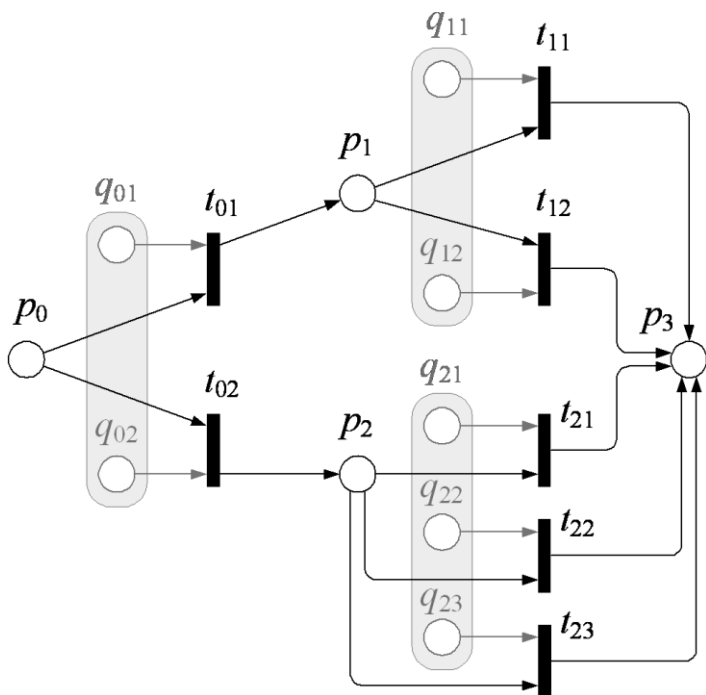


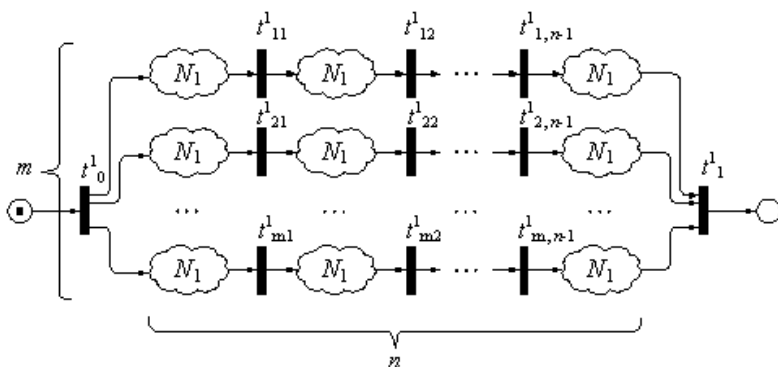
Рисунок 1. Модель обслуживания клиента банка

Таблица 1.

Описание узлов модели обслуживания одного клиента

Узел	Описание
<i>Стандартные позиции</i>	
$p_0$	Условие начала обслуживания клиента банка
$p_1$	Условие начала обслуживания клиента банка в предположении отсутствия у сотрудника банка склонности к мошенничеству
$p_2$	Условие начала обслуживания клиента банка в предположении наличия у сотрудника банка склонности к мошенничеству
$p_3$	Условие завершения акта обслуживания
<i>Позиции первой стохастической группы</i>	
$q_{01}$	Вероятность единичной маркировки этой позиции соответствует вероятности отсутствия у сотрудника склонности к мошенничеству
$q_{02}$	Вероятность единичной маркировки этой позиции соответствует вероятности наличия у сотрудника склонности к мошенничеству

<i>Позиции второй стохастической группы</i>	
$q_{11}$	Вероятность единичной маркировки этой позиции соответствует вероятности совершения сотрудником ошибки
$q_{12}$	Вероятность единичной маркировки этой позиции соответствует вероятности безошибочной работы сотрудника
<i>Позиции третьей группы</i>	
$q_{21}$	Вероятность единичной маркировки этой позиции соответствует вероятности совершения сотрудником ошибки
$q_{22}$	Вероятность единичной маркировки этой позиции соответствует вероятности возникновения благоприятных обстоятельств для осуществления мошеннических действий
$q_{23}$	Вероятность единичной маркировки этой позиции соответствует вероятности честной безошибочной работы сотрудника
<i>Переходы</i>	
$t_{01}$	Переход модели в состояние отсутствия у сотрудника склонности к мошенничеству
$t_{02}$	Переход модели в состояние наличия у сотрудника склонности к мошенничеству
$t_{11}$	Событие совершения ошибки при обслуживании
$t_{12}$	Событие безошибочного обслуживания
$t_{21}$	Событие совершения ошибки при обслуживании
$t_{22}$	Событие совершения мошеннических действий в ходе обслуживания клиента
$t_{23}$	Событие безошибочного обслуживания



**Рисунок 2. Модель розничной подсистемы КБ**

Пусть в модели, представленной на рис. 1, переходы  $t_{11}$  и  $t_{21}$  охарактеризованы увеличением счетчика ошибок на единицу, а переход  $t_{22}$  — увеличением на единицу счетчика мошенничеств. Будем

использовать идеи трансляции имитационных моделей в виде сетей Петри в многочлены специального вида [5], а также алгоритмы пакета прикладных программ (ППП) «МультиМИР» [6] для расчета риска розничной подсистемы на основе полиномиального представления. В данном конкретном случае использование идей алгебры риска [6] способно очень существенно повысить эффективность вычислений ввиду однородности состава имитационной модели, приведенной на рис. 2. Используя названный инструментарий и зная вероятности единичных маркировок позиций, входящих в стохастические группы, можно рассчитать распределения случайных величин количества ошибок и количества мошенничеств в розничной подсистеме в течение заданного интервала времени. Поскольку наблюдаемые количества ошибок и мошенничеств в течение заданного интервала времени можно рассматривать как выборочные значения из генеральных совокупностей, соответствующих вычисленным распределениям, то возможна калибровка модели. Суть калибровки заключается в подборе таких вероятностей единичных маркировок позиций, входящих в стохастические группы, которые бы максимизировали правдоподобие принадлежности наблюдаемых значений соответствующим генеральным совокупностям для ряда последовательно расположенных интервалов времени. Фактически калибровка модели означает построение двухфакторной эконометрической модели

$$\mathbf{p} = \mathbf{p}(m, n, c),$$

где:  $\mathbf{p}$  — вектор вероятностей единичных маркировок позиций, принадлежащих трем стохастическим группам сети Петри  $N_1$ ,  $c$  — ФОТ. Во избежание недопонимания подчеркнем тот факт, что данная модель является двухфакторной. Это связано с тем, что два фактора  $m$  и  $n$  связаны: их произведение равно суммарному количеству операций, совершенных розничным блоком за заданный период времени.

В качестве задачи управления персоналом в розничной подсистеме КБ, позволяющей определить оптимальные значения количества персонала фронт-офиса и соответствующего объема ФОТ, в рамках данной работы предлагается использовать оптимизационную задачу вида:

$$\arg \max_{\substack{mn = N \\ c \in C}} \mu \left[ D(m, n, c, \mathbf{p}(m, n, c)) \right]$$

где:  $m$  — некоторая мера риска, описываемого случайной величиной доходности розничной подсистемы  $D(m, n, c, \mathbf{p})$ , рассчитываемой на базе имитационной модели, представленной на рис. 1 и 2;

$N$  — прогнозируемое количество клиентов розничной подсистемы в течение планируемого периода;

$C$  — ограничения на ФОТ. В настоящее время в качестве меры риска могут быть использованы любые линейные комбинации математического ожидания и стандартного отклонения (расчет этих мер тривиален), а также мера “Value at Risk” [7] (расчет этой меры для рассматриваемого случая не тривиален, однако, здесь может быть использована методика, предложенная в монографии [6]).

В настоящее время предложенная модель управления персоналом в розничной подсистеме КБ успешно апробирована в ходе преддипломной практики и защиты дипломных работ студентов специальности «Математические методы в экономике» Поволжского государственного технологического университета. Работы были выполнены на базе двух филиалов крупнейших КБ, присутствующих на территории республики Марий Эл, под руководством автора данного сообщения.

Предполагается дальнейшее развитие данной работы. Во-первых, рассматривая предложенную имитационную модель как игру двух лиц (персонала и администрации) в рамках концепции игр на сетях Петри [1, 4] предполагается изучить свойства «переговорного» множества и на этой основе предложить новую систему материального стимулирования персонала фронт-офиса розничной подсистемы КБ. Во-вторых, предполагается исследовать возможность обобщения описанного подхода на корпоративный блок, функционирующий в рамках концепций частично управляемой или полностью самообучающейся системы аналогового голосования кредитного комитета КБ [2].

### **Список литературы:**

1. Бородин А.В. Игры на сетях Петри [Текст] / А.В. Бородин // Обзорение прикладной и промышленной математики. — 2002. — Т. 9. — В. 1. — С. 167—168.
2. Бородин А.В. Математические модели управления кредитным портфелем коммерческого банка [Текст] / А.В. Бородин. Йошкар-Ола: Марийский государственный технический университет, 1998. — 168 с.

3. Бородин А.В. Сети Петри с нечетким поведением в задачах имитационного моделирования эволюции инвестиционных и страховых портфелей [Текст] / А.В. Бородин // Обозрение прикладной и промышленной математики. — 2000. — Т. 7. — В. 2. — С. 321—322.
4. Бородин А.В. Теоретико-игровые модели процессов риска над сетями Петри [Текст] / А.В. Бородин // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах: Труды международной научной школы МАБР-2006. СПб.: ГОУ ВПО «СПбГУАП», 2006. — С. 305—307.
5. Уразаева Т.А. Алгебраические аспекты имитационного моделирования портфелей срочных финансовых инструментов [Текст] / Т.А. Уразаева, А.В. Бородин // Материалы конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика». ИММОД-2013. Т. 1. Казань: Издательство «Фэн» Академии наук РТ, 2013. — С. 282—286.
6. Уразаева Т.А. Алгебра рисков [Текст] / Т.А. Уразаева. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2013. — 209 с.
7. Jorion P. Value at Risk: The New Benchmark for Managing Financial Risk / P. Jorion. McGraw-Hill, 2006. — 543 p.

## **ЦЕННОСТНЫЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

***Бушувев Сергей Дмитриевич***

*д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой управления проектами Киевского национального университета строительства и архитектуры, президент ассоциации управления проектами Украины, Украина, г. Киев*

*E-mail: [sbushuyev@ukr.net](mailto:sbushuyev@ukr.net)*

***Молоканова Валентина Михайловна***

*канд. техн. наук, доцент, Днепропетровский региональный институт государственного управления национальной академии государственного управления при Президенте Украины, Украина, г. Днепропетровск*

*E-mail: [molokany@gmail.com](mailto:molokany@gmail.com)*

# VALUE-BASED APPROACH IN MANAGING THE DEVELOPMENT OF PROJECT-ORIENTED ORGANIZATIONS

*Sergey Bushuyev*

*doctor of technical Sciences., Professor, project management department  
head of the Kiev national University of construction and architecture,  
President of the Ukrainian project management Association,  
Ukraine, Kiev*

*Valentina Molokanova*

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Dnepropetrovsk  
public administration regional institute of national academy of public  
administration under the President of Ukraine,  
Ukraine, Dnepropetrovsk*

## АННОТАЦИЯ

Рассмотрен ценностный подход в управлении организационным развитием через реализацию программ и портфелей проектов. Приведена модель создания ценности в программе и рассмотрен алгоритм формирования ценностно-ориентированного портфеля проектов развития организации.

## ABSTRACT

It is considered a value-based approach in organizational development management through the implementation of programs and project portfolios. The model of value creation in the program is given and the algorithm of formation of value-oriented development project portfolio is shown.

**Ключевые слова:** ценностно-ориентированное управление; управление организационным развитием; создание ценности в программе; процессы управления портфелем проектов.

**Keywords:** value-oriented management; organizational development; creation of value in the program; the processes of project portfolio management.

**Постановка проблемы.** Проблема управления организационным развитием характеризуется большим количеством разнообразных аспектов, ее исследование осуществляется в рамках многих отраслей научных знаний [1, 2, 4, 5, 7, 8]. В новых стандартах по управлению проектами все больше внимания уделяется нечетким взаимосвязям основных проектных понятий: проект, программа, портфель

и создаваемые ими ценности. Расширение применения проектного подхода к сфере нематериального производства и общественной деятельности привело к появлению ценностно-ориентированного проектного управления. На сегодня в научной литературе по управлению проектами отсутствует единая методология ценностно-ориентированного управления развитием организаций. Такая методология может базироваться на концепции спиральной динамики развития и учитывать доминирующие в системе организационные ценности.

**Анализ последних исследований.** Управление проектами — это стандартизированный подход к эффективному управлению развитием системы. Наиболее общее определение понятия развития — это «необратимое, направленное, закономерное изменение материальных и идеальных объектов» [7, с. 9]. Отсутствие закономерности характерно для случайных процессов, а управление развитием непременно подчинено цели и носит закономерный характер. Такой подход позволяет четко определить: конечную цель и конечный результат; выделенные ресурсы и часовые ограничения, что полностью согласуется с основными принципами проектного управления.

Долгое время в развитии систем самым популярным оставался ресурсный подход [1, 2, 5, 7]. Однако, со временем специалисты пришли к выводу, что предприятия, которые меньше внимания уделяют финансовым подходам и больше концентрируются на создании организационной ценности, получают лучшие результаты [10, 11]. В качестве критерия эффективности развития предприятий через проекты в последние годы все чаще используется категория «ценность», при этом, само понятие «ценность» меняется с развитием персонала. В традиционном менеджменте существуют разные определения понятия «ценности», в обобщенном виде, ценность определяется как предмет некоторого интереса, желания, стремления, т. е. объект, значимый для отдельного человека или группы людей.

В проектном менеджменте С.Д. Бушуев и Н.С. Бушуева [3] предлагают рассматривать ценность проекта в виде удовлетворения потребности ключевых заинтересованных сторон. В их работах ценность — это комплексный показатель, состоящий из ценности процесса, продукта и ценности организации, реализующей проект. Проф. В.А. Рач предложил ввести понятие «гармонизированная ценность» [8], при этом гармонизацию ценности необходимо рассматривать в двух аспектах: гармонизацию со стратегическими целями организации и гармонизацию ценностей заинтересованных сторон.

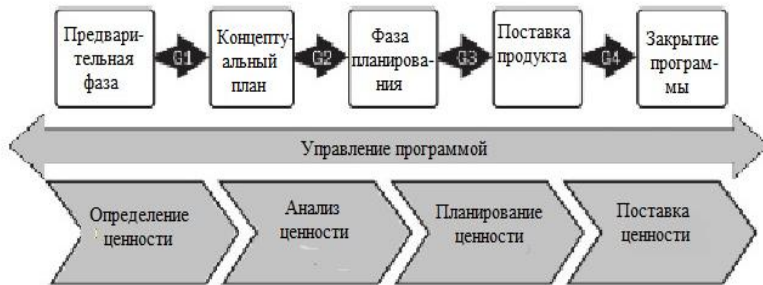


**Формулировка целей статьи.** Целью данной статьи является раскрытие особенностей формирования ценности в деятельности проектно-ориентированных организаций на основе теории эволюционного развития систем.

**Изложение основного материала.** Современная практика профессионального проектного управления развивалась совместно с классическим менеджментом. Традиционный подход системного управления по инструкциям (management by instructions — MBI), который доминировал до середины прошлого века, сменился все еще популярным до сегодняшнего дня управлением по целям (management by objects — MBO) [5]. С конца прошлого века в организационном менеджменте появились такие субъективно оцениваемые параметры как качество и ценности. Управление на основе ценностей (management by values — MBV) — это не просто новый способ организационного управления, но и новый способ понимания и применения знаний на практике. Основная цель этого управления — внедрение личностных человеческих предпочтений в менеджерское мышление на теоретическом и практическом уровне [6]. Главным инструментом ценностных изменений выступает именно проектный менеджмент, поскольку при грамотном применении помогает перевести декларативные лозунги в понятные для рядовых исполнителей действия.

Первым шагом в процессе ценностно-ориентированного развития системы на основе стандарта P2M [10] есть описание миссии, которая определяет виденье доминирующей организационной ценности, на основе которой разрабатывается соответствующая стратегия. Дальше стратегия должна быть трансформирована в главную цель программы/портфеля, которая разбивается на подцели, соответствующие приоритетными аспектам развития организации. Согласно эволюционной теории развития человеческих ценностей К. Грейвза [11] компания формирует стратегию развития, опираясь на доминирующую систему ценностей, поскольку именно ценностные установки руководят поведением менеджеров компании. При построении стратегического фокуса развития кампании следует учитывать доминирующий уровень ценностей кампании, поскольку только так возможно реализовать уникальные свойства организации для создания ее конкурентных преимуществ [6]. Жизненный цикл наращивание ценностей системы по мере развития проектного управления уже не впервые изображают в виде спирали, которая раскручивается от центра [9].

Программный менеджмент традиционно применялся в крупномасштабных государственных задачах, таких как создание социальной инфраструктуры, космические исследования, исследования в области инновационных технологий. Однако, в эпоху быстрых социальных изменений, целесообразным стало применять программы к управлению сложными меняющимися событиями в условиях высокой неопределенности. Переход по фазам жизненного цикла программы означает последовательное создание продукта программы и сопровождается процессами изменения ее будущей ценности для заинтересованных сторон (Рис. 1).



**Рисунок 1** Соотношение жизненного цикла программы и ценностного управления



**Рисунок 2.** Модель управления портфелем проектов

В сравнении с управлением программой портфель проектов имеет более широкий контекст [9]. В системе знаний PMI [10]

управление портфелем проектов представлено двумя группами процессов: группа процессов выравнивания и группа процессов мониторинга и контроля (рис. 2). Применяя методы отбора, координации и оценки проектов, а также просматривая и совершенствуя стратегию наращивания ценности бизнеса, организация решает противоречивые требования, позволяющие максимально увеличить совокупную ценность портфеля.

Сегодня ценностный подход является главной концепцией формирования портфеля, он предусматривает максимизацию роста организационных ценностей и представляет собой задачу многокритериальной оптимизации. Рассмотрим задачу оптимального формирования ценностно-ориентированного портфеля развития в условиях ресурсных ограничений. Предварительно проекты-кандидаты могут объединяться в несколько групп, соответствующих разным аспектам развития организации. В данном примере будущие компоненты портфеля рассматриваются по четырем критериям А, В, С и D, которые характеризуют рабочие процессы, управленческие структуры, командный интеллект и информационные технологии. Оценку и сравнение компонентов портфеля предлагается провести с помощью обобщенного критерия ценности, определяемого экспертным методом. Список проектов-кандидатов должен содержать в себе численные показатели их ценности, полученные с помощью предварительного проектного анализа.

Начальным шагом при формировании портфеля будет определение количества экспертов  $n$ , которые произведут оценку значимости четырех групп критериев методом парных сравнений. Каждый эксперт должен ввести в подготовленную таблицу оценку парных сравнений критериев, которая заключается в следующем: в ячейке, принадлежащей  $j$ -ой строке и  $k$ -му столбцу, указывается 1, если  $j$ -ый параметр важнее  $k$ -го, в противном случае — 0. Таким образом, будем иметь пять начальных таблиц парных оценок каждого эксперта, которые здесь не приведены в связи с ограничением на объем статьи. На основе этих пяти таблиц сформирована итоговая оценка коэффициентов веса для четырех выбранных критериев, выполненная пятью экспертами, которая приведена в таблице 1.

Коэффициенты веса, определенные экспертами, обеспечивают переход от оценок параметров в баллах к числовым значениям весовых коэффициентов, сумма которых для всех параметров равна 1 у каждого эксперта.

Следующим шагом для ранжирования проектов будет предварительная оценка экспертами проектов и программ, которые могут

войти в портфель. Рассмотрим для примера, семь конкурирующих проектов, каждый из которых оценен экспертами по четырем выбранным аспектам (табл. 2).

*Таблица 1.*

**Итоговая оценка коэффициентов веса для четырех критериев**

Эксперт	Параметры				Сумма
	А	Б	В	Г	
1	0,33	0,33	0,17	0,17	1,00
2	0,33	0,17	0,33	0,17	1,00
3	0,17	0,33	0,17	0,33	1,00
4	0,50	0,17	0,17	0,17	1,00
5	0,33	0,33	0,17	0,17	1,00
коэф. веса	0,33	0,27	0,20	0,20	
станд. отклон.	0,12	0,09	0,07	0,07	
дисперсия	0,01	0,01	0,01	0,01	
коэф. вариаб.	0,35	0,34	0,37	0,37	

*Таблица 2.*

**Оценка проектов по обобщенному критерию**

Вариант	Параметры				Слагаемые				Обобщенный критерий
	А	Б	В	Г					
Проект 1	1	5	5	4	0,04	0,14	0,10	0,10	0,38
Проект 2	5	5	7	5	0,21	0,14	0,13	0,13	0,59
Проект 3	7	3	4	5	0,29	0,08	0,13	0,13	0,62
Проект 4	8	8	3	3	0,33	0,22	0,08	0,08	0,70
Проект 5	3	8	8	8	0,12	0,22	0,20	0,20	0,74
Проект 6	8	10	3	8	0,33	0,27	0,20	0,20	1,00
Проект 7	3	1	3	4	0,12	0,03	0,10	0,10	0,35
коэф. веса	0,33	0,27	0,20	0,20					
норма	8	10	8	8					

Далее, исходя из финансовых возможностей организации на плановый период, можно составить такой портфель проектов, который обеспечит максимальную ценность для организации. Пример такой оптимизации, выполненной с помощью электронных таблиц Excel, приведен в табл. 3. Так, если предел расходования финансов на плановый период составляет 1500 тыс. грн., то, очевидно, что в портфель можно включить только первые пять проектов (проекты 1 и 7 отклонены).

*Таблица 3.*

**Ранжирование проектов по обобщенному критерию**

<b>Вариант №</b>	<b>Критерий</b>	<b>Стоимость (т. грн.)</b>	<b>Кум. ст-ть (т. грн.)</b>
Проект 6	1,00	489	489,00
Проект 5	0,74	375	864,00
Проект 4	0,70	110	974,00
Проект 3	0,62	210	1184,00
Проект 2	0,59	246	1430,00
Проект 1	0,38	255	1685,00
Проект 7	0,35	113	1798,00

Современное состояние менеджмента свидетельствует о переходе от показателей экономики к экономике ценностей. Однако, общие принципы ценностно-ориентированного эволюционного развития организаций остаются малоизученными. Деятельность по созданию ценности выполняется совместными усилиями проектных команд и корпораций, поэтому пятое издание РМВоК [9] и японский стандарт Р2М [10] значительное внимание уделяют управлению проектными сообществами. Проведенный анализ управления ценностно-ориентированными программами и портфелями проектов позволяет сделать выводы, что применяя экспертные методы отбора и оценки проектов, организация может решать задачи, позволяющие максимизировать организационную ценность при ресурсных ограничениях.

## Список литературы:

1. Бурков В.Н. Модели и методы мультипроектного управления / В.Н. Бурков, О.Ф. Квон, Л.А. Цитович. М.: ИПУ РАН, 1997. — 63 с.
2. Бурков В.Н., Джавахадзе Г.С. «Экономико-математические модели управления развитием отраслевого производства» М.: ИПУ РАН, 1997. — 64 с.
3. Бушуев С.Д., Бушуева Н.С. Механизмы формирования ценности в деятельности проектно-управляемых организаций // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Вып. 1/2 (43). Харьков, 2010. — С. 4—9.
4. Бушуева Н.С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития / Н.С. Бушуева. К.: Наук. світ, 2007. — 270 с.
5. Кендал И. Современные методы управления портфелями проектов и офис управления проектами. Максимизация ROI. / И. Кендал, К. Роллинз; пер. с англ. М.: ПМСОФТ, 2004. — 576 с.
6. Молоканова В.М. Дослідження проектно-орієнтованого розвитку на основі еволюційної теорії цінностей / В.М. Молоканова // Управління проектами та розвиток виробництва : зб. наук. пр. / під ред. В.А. Рача. — 2012. — № 2(42). — С. 5—17.
7. Новиков Д.А. Модели и методы организационного управления инновационным развитием фирмы. / Д.А. Новиков, И.И. Ивашенко. М.: КомКнига, 2006. — 332 с.
8. Рач В.А. Методи оцінки альтернативних проектів стратегій регіонального розвитку // Матеріали конференції «Управління проектами: стан та перспективи». Миколаїв, 2009. — С. 4—6.
9. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВоК®) Пятое издание. Project Management Institute, Fourteen Campus Boulevard, PA 19073-3299 USA, 2013. — 589 с.
10. Руководство по управлению инновационными проектами и программами. Р2М. Том 1, Версия 1.2. / Пер. с англ. под ред. проф. С.Д. Бушуева. К.: Наук. світ, 2009, — 173 с.
11. Clare W. Graves. Compared with other theories . (англ.). — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.clarewgraves.com/theory\\_content/compared/CGcomp1.htm](http://www.clarewgraves.com/theory_content/compared/CGcomp1.htm).

## СЕКЦИЯ 2.

### МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

#### УЛУЧШЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ОТВЕРСТИЙ ШПИНДЕЛЬНОЙ ОСИ В КОРПУСАХ КОРОБОК СКОРОСТЕЙ, ОБРАБАТЫВАЕМЫХ В ПРИСПОСОБЛЕНИЯХ С АЭРОСТАТИЧЕСКИМИ ОПОРАМИ

*Лутьянов Александр Владимирович*

*канд. техн. наук, доцент*

*Московского университета приборостроения и информатики,*

*РФ, г. Москва*

*E-mail: [alou99@mail.ru](mailto:alou99@mail.ru)*

*Преображенская Елена Викторовна*

*канд. техн. наук, доцент*

*Московского университета приборостроения и информатики,*

*РФ, г. Москва*

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

#### THE IMPROVEMENT OF SURFACE ROUGHNESS OF OPENING SPINDLE AXIS IN THE BUILDING OF GEAR-BOX, MISAPPROPRIATE IN THE ACCOMMODATIONS WITH AEROSTATIC SUPPORTS

*Loutianov Alexandr*

*candidate of Technical Science, Associate Professor of MGUPI,*

*Russia, Moscow*

*Preobrazhenskaja Elena*

*candidate of Technical Science, Associate Professor of MGUPI,*

*Russia, Moscow*

## АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрена проблема повышения шероховатости основных отверстий шпиндельных бабок станков. В качестве исследовательской задачи авторами была определена попытка оценить точность обработки отверстий на предприятии, применяя несколько разноразмерных твердосплавных пластин. Обобщен большой практический опыт, что дало возможность сформулировать оптимальные критерии стойкости режущего инструмента.

## ABSTRACT

In this article the problem of increasing the roughness core holes spindle heads machine. As a research problem has been identified by the authors attempted to assess the accuracy of holes in the enterprise, using several different-carbide inserts. Generalized extensive practical experience, which made it possible to formulate the optimal criteria of resistance of the cutting tool

**Ключевые слова:** шероховатость; твердосплавные пластины; стойкость инструмента.

**Keywords:** roughness; carbide-tipped; tool life.

Растачивание отверстий корпусных деталей станков в приспособлениях с азростатическими опорами проводится на Рязанском станкостроительном заводе. В настоящее время эксплуатируются три приспособления [3, с. 57]. За длительный период эксплуатации обработано несколько десятков тысяч корпусов, накоплен большой опыт и собран большой статистический материал в отношении качества обработки отверстий, что позволило провести серию исследований по использованию современных режущих материалов. Требования сформулированы в таблице 1. Шероховатость поверхностей отверстий находилась в пределах  $R_a$  2,5 мкм, шероховатость торца  $R_a$  0,63 мкм.

*Таблица 1.*

### Требования к обработке отверстий шпиндельной оси

№ п/п	Параметры	Значение по базовому варианту, мкм	Допустимое значение, мкм
1.	Допуск размеров отверстий	24	10—12
2.	Цилиндричность	15	5
3.	Соосность отверстий относительно общей оси	40	4



4.	Допуск расстояния и параллельность шпиндельной оси от других осей	$\pm 50$	-50
5.	Наклон шпиндельной оси к основанию корпуса, на длине 300 мм	10—15	6—12
6.	Шероховатость отверстий, $R_a$	2,5	0,12—0,1

Такой результат по шероховатости поверхностей не может быть признан удовлетворительным, однако, предпринятые попытки улучшить шероховатость не привели к положительным результатам. Были проведены эксперименты по растачиванию отверстий резцами из эльбора (композиата — 01). Для улучшения шероховатости повысили скорость резания. Шероховатость несколько улучшилась, однако в отверстиях получался недопустимый по величине обратный конус, т. е. размер отверстия увеличивался к концу растачивания. Природа обратного конуса заключается в тепловых изменениях положения вершины резца. Такой же обратный конус был получен при повышении в экспериментах скорости резания для резца, оснащенного пластиной твердого сплава марки ВК3-М.

В решении проблемы повышения точности предпринята повторная попытка найти пути улучшения шероховатости. Завод обратился к научно-технической фирме «Технополис» с просьбой об оказании помощи в решении проблемы.

**Таблица 2.**

**Перечень пластин, приобретенных через «Технополис»  
и результаты испытаний**

Обозначение и материал пластины	Радиус при вершине, мм	Особенности режущей кромки	Результаты испытаний	
			Шероховатость $R_a$ , мкм	Обратный конус, мкм
ССМТ09Т308FWКC 5010	0,8	зачистная	2,5	10
ССМТ09Т308FWКC 315		зачистная	2,5	10
ССМТ09Т308FWКC 9315		зачистная	2,5	12
ССМТ09Т30811КТ 315		обыкновенная	2,5	10
ССGW09Т308S01015МКВ 5625 (эльбор)		зачистная	2,5	10

«Технополис» предложил испытать четыре наименования твердосплавных пластин фирмы «Кеннаметал» и одну пластину

из кубического нитрида бора МКВ5625. Все пластины имели радиусы при вершине 0,8 мм, четыре наименования имели зачистную кромку (таблица 2). Для крепления пластин была поставлена одна державка 10x10 мм, которую встроили в резцедержатель диаметром  $\varnothing$  30 мм.

Первые три пластины таблицы 2 с зачистной кромкой дали обратный конус в отверстиях до 10—12 мкм. Было сделано предположение, что этот факт объясняется повышенными усилиями резания и увеличенным тепловыделением. Пластина КТ315 имела неудовлетворительную стойкость. Работа всеми импортными пластинами не привела к улучшению шероховатости.

Эльборовая пластина МКВ 5625 дала хорошую шероховатость на первой детали и, начиная со второй детали, неудовлетворительную точность. Осмотр режущей кромки резца под микроскопом показал, что кромка изнасилась по задней грани до 1 мм и потеряла свою работоспособность.

Проведенные эксперименты [2, с. 52] позволили сделать вывод, что решение проблемы может быть найдено в использовании эльборовых резцов, режущая кромка которых при вершине будет заточена с высоким качеством по радиусу 0,6 мм при невысокой скорости обработки.

Все параметры режимов резания оставили такими же, как при работе твердым сплавом ВК3-М. Таким образом, формообразование выполнялось не следом вершины инструмента, когда шероховатость обеспечивается за счет высокой скорости резания, а методом копирования.

При этом методе на обрабатываемую поверхность переносится качество рабочей поверхности режущего инструмента. Шероховатость рабочих поверхностей эльборовых резцов была выполнена в пределах  $R_a$  0,1—0,12 мкм.

Режимы резания при чистовом растачивании отверстий: скорость 110 м/мин, глубина резания 0,05 мм, подача 0,05 мм/об.

Материал фрезы для обработки опорного торца также композит — 01.

Режимы резания при фрезеровании торца: скорость резания 540 м/мин, глубина резания 0,005 мм, круговая подача 2,5 мм/об.

Были проведены производственные испытания [1, с. 6] эльборовых резцов при растачивании шпиндельной оси тридцати бабок станков моделей 16Р25В и 1М63Н. Испытания дали положительные результаты. Шероховатость поверхности  $R_a$  колеблется в пределах от 0,53 до 1,03 мкм. Значительный разброс определяется, в основном, пористостью чугуна. Худшие значения получались

при более пористом чугуने, хотя сличение поверхностей по образцам шероховатости не позволяет найти между ними заметного различия.

При невозможности дать окончательное суждение о стойкости эльборовых резцов можно выделить два критерия стойкости:

1. снижение шероховатости обрабатываемой поверхности;
2. появление обратной конусности в отверстии (свидетельство затупления режущей кромки и увеличение тепловыделения).

Зафиксирован разброс стойкости резцов от 3 до 12 обработанных отверстий.

### **Выводы**

1. Достигнуты положительные результаты по шероховатости обработанной поверхности и геометрической точности при растачивании в приспособлениях с аэростатическими опорами отверстий шпиндельной оси шпиндельных бабок станков моделей 16P25B и 1M63H резцами из эльбора. При этом режимы резания соответствуют работе резцами из ВК3-М, т. е. скорость имеет сравнительно низкие значения.

2. Материал резца композит 01 (эльбор), режущая кромка заточена по радиусу 0,6 мм.

3. При заточке основное внимание необходимо обращать на качество радиуса при вершине 0,6 мм, добиваясь шероховатости  $R_a$  0,1 мкм и не допуская сколов на рабочей части режущей кромки.

4. Критериями стойкости резцов являются два показателя: шероховатость обработанной поверхности и появление обратного конуса до 4 мкм на длине отверстия.

### **Список литературы:**

1. Короткова Е.И. Практикум по планированию экспериментов. Томск: Изд-во ТПУ, 2003. — 97 с.
2. Лутьянов А.В. Определение оптимальных параметров при растачивании корпусных деталей в приспособлениях с аэростатическими опорами. Техника и технология, — № 6, — 2013 г., — с. 6.
3. Лутьянов А.В. Растачивание корпусных деталей в приспособлениях с аэростатическими опорами. Вестник МГУПИ, — № 20, — 2009 г., — с. 57—62.

## АНАЛИЗ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ДИСКОВЫХ МНОГОЗУБЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Парненко Валерия Сергеевна*

*ассистент, кафедры интегрированных технологий машиностроения,  
Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»,  
Украина, г. Киев  
E-mail: [art@artograph.com.ua](mailto:art@artograph.com.ua)*

## ANALYSIS OF THE METHODS OF HANDLING OF THE DISC INSTRUMENTS WITH A LOT OF TEETH

*Parnenko Valeriia*

*assistant, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic  
Institute", Department of Integrated Technology Engineering,  
Ukraine, Kyiv*

### АННОТАЦИЯ

Целью настоящей статьи является анализ методов обработки многозубых дисковых инструментов. Для достижения поставленной цели в данной статье рассматриваются всевозможные методы и способы обработки заданного инструмента, а также инструмент второго порядка, которым возможно производить обработку. Проведенный обзор показывает, что фасонные обкаточные фрезы имеют ряд существенных преимуществ.

### ABSTRACT

The purpose of this article is to analyze methods of processing the instruments with a lot of teeth. To achieve this goal, this paper discusses various methods and techniques for processing a given instrument, as well as a tools of the second order, which may make processing. The review shows that the run-in shaped cutters have some significant advantages.

**Ключевые слова:** копирование; обкатка; дисковый инструмент; многозубый инструмент; инструмент второго порядка.

**Keywords:** method of running; method of replication; disc tool; the instruments with a lot of teeth; the tool of the second order.

Существует два метода обработки зубьев дисковых многозубых инструментов: метод копирования и метод обкатки [3, с. 350]. В зависимости от формы и размеров профиля зуба, а также от числа зубьев, используется различные способы фрезерования, а также шлифование (рис. 1).

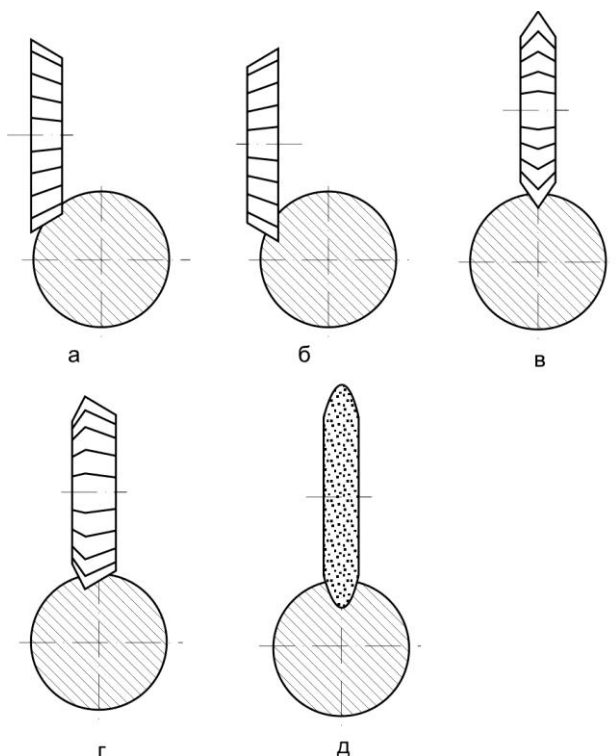


**Рисунок 1. Методы и способы обработки дисковых многозубых инструментов**

При малом числе зубьев обработка ведется методом копирования. При методе копирования профиль режущих кромок полностью соответствует профилю впадин. Достоинством метода копирования является простая кинематика станка. Обработка многозубых изделий методом копирования на универсально-фрезерных станках одноугловыми и двухугловыми фрезами имеет свои достоинства и недостатки [2, с. 171]. Одноугловая фреза характе-

ризуется простотой изготовления, поскольку впадина зуба образуется за один проход простой угловой фрезой, что является ее единственным достоинством. Большую стойкость имеет двухугловая фреза по сравнению с одноугловой. (рис. 2 а-г).

Методом копирования производится обработка зубьев многозубых изделий шлифовальными кругами (рис. 2 д). Основными преимуществами процесса вышлифовки стружечных канавок являются высокая точность и качество поверхностей режущей части инструмента, сокращение цикла производства.



**Рисунок 2. Обработка зубьев дискового многозубого инструмента методом копирования**

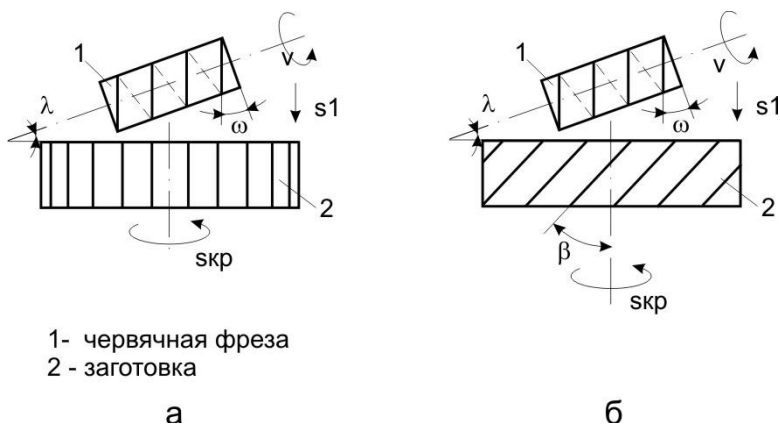
При вышлифовке зубьев могут применяться дисковые фасонные круги, профиль которых совпадает с профилем стружечной канавки. Существенным недостатком использования таких кругов является их профилирование на каждый отдельный типоразмер.

Преимущества метода копирования заключается в простоте конструкции инструмента, его технологичности, возможности оснащения твердым сплавом. Обработка ведется как на универсальных станках, так и на станках с ЧПУ. Метод копирования обеспечивает обработку любых многозубых изделий.

Метод копирования является приемлемым при обработке изделий с малым числом зубьев. Но при обработке дисковых многозубых инструментов с равномерным шагом зубьев типа дисковых пил и при большом числе зубьев этот метод является затруднительным, так как трудно обеспечить необходимую точность шага зубьев. При большом числе зубьев накапливаются ошибки при делении на шаг и становятся недопустимыми, в результате чего может изменяться, по сравнению с чертежом, число зубьев инструмента.

Поэтому широкое распространение при обработке разнообразных дисковых многозубых инструментов с равномерным шагом зубьев и с большим числом зубьев получили инструменты, работающие методом обкатки.

Среди инструментов, работающих методом обкатки, наиболее широкое применение получили червячные фрезы [2, с. 316], обрабатывающие всевозможные дисковые многозубые инструменты на зубофрезерных станках и обеспечивающие высокую точность по шагу (рис. 3).



**Рисунок 3. Схема обработки дисковых многозубых инструментов червячной фрезой на зубофрезерном станке**

В результате кинематики, показанной на рисунке 3, червячная фреза ведет непрерывно обработку, не имеет холостых перемещений, что объясняет высокую производительность процесса и большую точность окружного шага зубьев обрабатываемой детали. К преимуществу червячной фрезы относится также то, что она не является инструментом постоянной установки и при эксплуатации может перемещаться вдоль своей оси, что увеличивает общий срок службы инструмента.

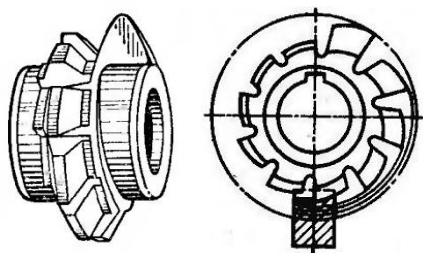
При малых размерах канавок зубьев, что, как правило, имеют многозубые изделия, размеры зуба фрезы, определяемые при профилировании инструмента, сравнительно небольшие, что затрудняет изготовление такого инструмента и обуславливает быстрый износ фрезы.

К недостаткам червячных фрез относится то, что ими невозможно обработать многозубые детали с поднутрением. Поэтому, как правило, проектируют червячные фрезы для изделий, считая, что профиль их зубьев имеет угол  $\gamma \leq 0^\circ$ . Поэтому если изделие имеет угол  $\gamma > 0^\circ$ , то приходится необходимый профиль изделия, после фрезерования червячными фрезами, обработки зуборезными гребенками или долбьяками, окончательно обрабатывать шлифованием, что снижает производительность обработки.

Детали зубчатого типа, впадины которых не могут быть образованы червячными фрезами с профилированием методом обкатки, изготавливают червячными фрезами, осуществляющими процесс профилирования методом копирования. Обработка производится при непрерывных вращательных движениях фрезы и заготовки, это обеспечивает непрерывный процесс деления — переход от одной впадины к следующей.

Червячные фрезы постоянной установки, работающие методом обкатки, предназначены для получения прямолинейного профиля детали без переходных кривых. В этом случае формирование профиля изделия производится, как правило, одним профилирующим зубом, все остальные зубья только вырезают материал впадины зуба, не соприкасаясь с поверхностью изделия. Недостатком фрез постоянной установки является сложность конструкции, а также то, что они не допускают передвигать на оправке и требуют определенной установки относительно обрабатываемой заготовки, что усложняет эксплуатацию рассматриваемого инструмента. Особой конструктивной разновидностью червячных фрез постоянной установки являются фрезы-улитки (рис. 4).





*Рисунок 4. Фреза улитка*

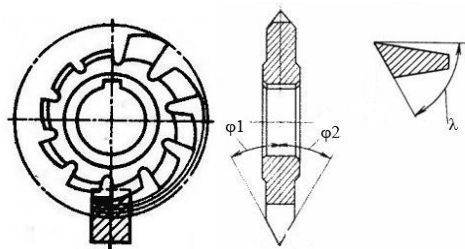
Эти фрезы применяются для нарезания внутренних и наружных зубьев различных цилиндрических изделий. Их применяют большей частью при фрезеровании крупных изделий. При применении этих фрез окончательное образование профиля впадины производится методом копирования последним профилирующим зубом, режущие кромки которого имеют форму впадины. Предшествующий ему зуб не может иметь таких же размеров, так как он срежет часть контура требуемого профиля зуба детали. Чтобы этого не произошло, форму режущих кромок предшествующего зуба фрезы следует изменить, чтобы она не выходила за пределы будущей впадины, образуемой последним зубом фрез. Это изменение может быть любым, легко технологически осуществимым и обеспечивающим допустимую толщину срезаемых слоев, значение геометрических параметров и др. Несмотря на высокую производительность, фрезы-улитки имеют сравнительно малое распространение. Изготовление таких фрез-улиток, особенно при малых размерах зубьев, затруднительно.

Известны также дисковые фасонные фрезы для обработки многозубых изделий методом обкатки. Их преимущества — простота конструкции инструмента; сравнительно высокая стойкость, так как каждый зуб фрезы является профилирующим; высокая точность изготовленных деталей по шагу зубьев в силу обработки методом обкатки, простота переточек и т. п.

Фасонные обкаточные фрезы являются инструментом постоянной установки. Изменение положения фрезы относительно заготовки приводит к искажению профиля изделия, что усложняет в определенной степени эксплуатацию такого инструмента.

Преимуществом фасонных обкаточных фрез заключается, в частности, в том, что они могут обрабатывать изделия с равномерным шагом зубьев, изделия типа дисковых отрезных пил с положительными передними углами.

Рассматриваемые конструкции фасонных фрез были разработаны и исследованы применительно к изготовлению храповых колёс (рис. 5), что позволило существенно повысить точность по шагу зубьев и производительность процесса [1, с. 40].



**Рисунок 5. Конструкция дисковой фасонной фрезы для изготовления храповых колёс**

Однако фасонные обкаточные фрезы для обработки многозубых изделий с неравномерным шагом зубьев исследованы недостаточно, и их возможности, области целесообразного применения в полной мере не определены. Не исследованы, в частности, процессы обработки этими инструментами деталей с неравномерным зубом, размеры и формы образующихся на профиле изделия переходных кривых.

Проведенный обзор показывает, что фасонные обкаточные фрезы имеют ряд существенных преимуществ, которые заключаются в простоте конструкции инструмента, высокой точности обработки дисковых многозубых инструментов методом обкатки, в возможности непрерывной обработки изделий с неравномерным шагом зубьев, в простоте переточки инструмента в процессе эксплуатации, которая проводится на обычных универсально-заточных станках с использованием стандартных и широко распространенных универсально-заточных головок.

### **Список литературы:**

1. Одинцова А.С. Фасонные фрезы для обработки храповых колёс методом обкатки: Дис. ... канд. техн. наук: Киев. / Одинцова Анна Сергеевна. К., 1989. — 208 с.
2. Режущий инструмент: [учебник для вузов] / Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов, В.И. Кокарев, А.Г. Схиртладзе. М.: Машиностроение, 2007. — 528 с.
3. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. К., Вища школа. Головное изд-во, 1986. — 455 с.

**СЕКЦИЯ 3.**  
**ЭНЕРГЕТИКА**  
**И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА**  
**И ТЕХНОЛОГИИ**

**ВОЗМОЖНОСТИ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ**  
**КАК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ИСТОЧНИКА ЭНЕРГИИ**  
**В РОССИИ**

*Тарасов Алексей Сергеевич*

*аспирант*

*Тамбовского Государственного технического университета,*

*РФ, г. Тамбов*

*E-mail: [tas13chuvak722@mail.ru](mailto:tas13chuvak722@mail.ru)*

**POSSIBILITIES OF WIND POWER DEVELOPMENT**  
**AS AN ALTERNATIVE ENERGY SOURCE IN RUSSIA**

*Aleksey Tarasov*

*post graduate student of Tambov State Technical University,*

*Russia, Tambov*

**АННОТАЦИЯ**

Рассматривается проблема развития ветроэнергетики как одного из наиболее перспективных и доступных источников альтернативной энергетики в России. Приводится анализ данных мировой ветроэнергетики. Дается краткая характеристика развития ветроэнергетики в РФ.

**ABSTRACT**

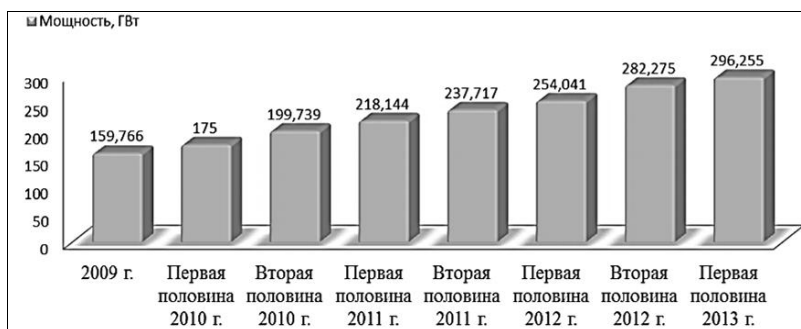
Problem of wind power development as one of the most perspective and available sources of alternative energetics in Russia is considered in the article. World energetics data analysis is presented. Brief description of wind power development in the Russian Federation is given.

**Ключевые слова:** ветроэнергетика; ветрогенератор; ветро-электростанция; энергоэффективность; возобновляемый источник энергии.

**Keywords:** wind power; wind power generator; wind power plant; energy efficiency; renewable energy source.

На сегодняшний день мировое сообщество столкнулось с необходимостью развития существующего топливно-энергетического комплекса [4, с. 67]. Вопросы энергоэффективности и энергобезопасности сегодня наиболее актуальны во всем мире. Ввиду прогнозируемого кризиса истощения природных ресурсов все большее внимание уделяют использованию возобновляемых источников энергии.

Одна из лидирующих позиций по мировому запасу возобновляемых энергетических ресурсов принадлежит кинетической энергии воздушных масс или попросту энергии ветра. Ветроэнергетика несёт в себе огромный потенциал, чему свидетельствует всё возрастающий интерес со стороны крупных мировых держав. Мировая ветроэнергетика развивается быстрыми темпами. Единичная мощность современных ветрогенераторов достигает 7,5 МВт. Согласно данным Всемирной ассоциации ветроэнергетики (World Wind Energy Association, WWEA), в прошлом году в действие были введены новые ветровые установки общей мощностью 13,98 гигаватт. Таким образом, на июнь 2013 года суммарная мощность всех ветроэлектростанций составила 292,255 гигаватт (Рис. 1). Ветряные турбины по всему миру к середине 2013 года обеспечивают 3,5 % от мирового спроса на электроэнергию [7, с. 2].

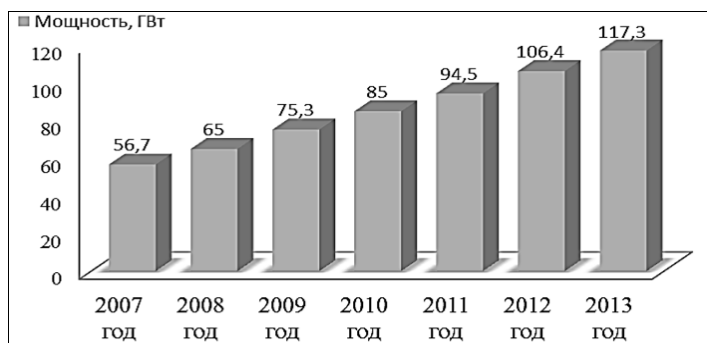


**Рисунок 1. Общая установленная мощность мировой ветроэнергетики 2009—2013 г.**

Глобальный потенциал ветра в течение шести месяцев вырос на 5 % (после 7 % за тот же период в 2012 году и 9 % в 2011 году) и на 16,6 % за год (с июня 2012 по июнь 2013). Ведущими странами в мировой ветроэнергетике к середине 2013 года являются: Китай (80 824 МВт), США (60 009 МВт), Германия (32 422 МВт), Испания (22 907 МВт), Индия (19 564 МВт), Великобритания (9 610 МВт) [7, с. 4].

США принадлежит самая мощная наземная ветроэлектростанция Alta Wind Energy Center общей мощностью 1320 МВт. Ветропарк расположен в штате Калифорния, в нем установлено 100 турбин General Electric мощностью по 1,5 МВт каждая и 390 турбин Vestas V-90 по 3 МВт. Самый большой оффшорный ветряной парк находится в Великобритании и носит название London Array. London Array расположен в устье Темзы в 11 километрах от берега к северу от г. Рамсгит (графство Кент, Англия). Электростанция состоит из 341 ветроустановки Siemens SWT-3.6, общая мощность которых достигает 630 МВт. Стоимость строительства ветропарка составила около 1,8 миллиарда фунтов стерлингов.

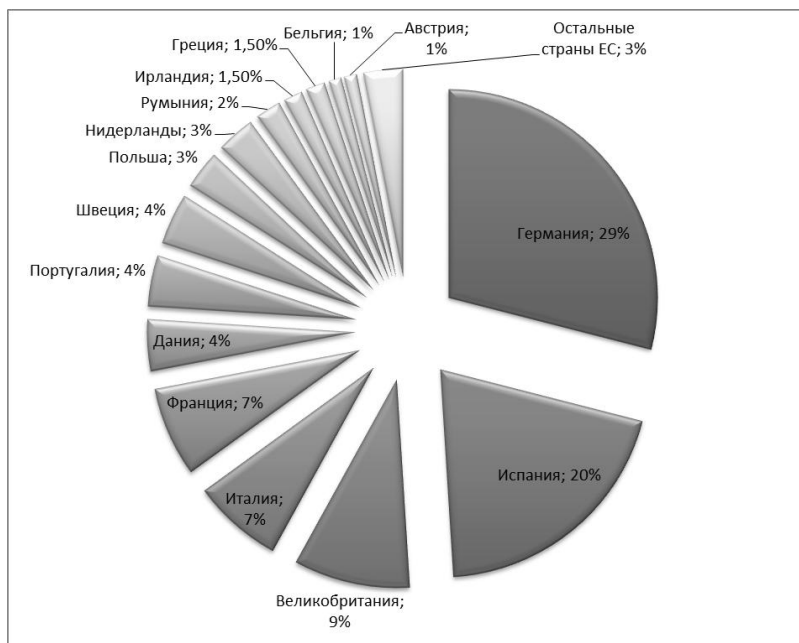
В Европейском Союзе по данным Европейской ассоциации ветроэнергетики (European Wind Energy Association, EWEA) общая мощность ветроэнергетических установок составляет 117,3 гигаваатт (Рис. 2), что по сравнению с предыдущим годом выросла на 10 % [9, с. 11]. Однако годовой прирост мощности уменьшился по сравнению с 2012 годом, когда он составил 12 % по сравнению с 2011 г. Ветровые энергоустановки, установленные в ЕС, за год будут производить около 257 млрд. кВт\*ч электроэнергии, что достаточно для покрытия 8 % от общего объема потребления электроэнергии в ЕС.



**Рисунок 2. Общая установленная мощность ветроэнергетики в ЕС 2007—2013 г.**

Сегодня лидирующие позиции по доли производства электроэнергии с использованием энергии ветра в Европе принадлежат: Германии (29 %), Испании (20 %), Великобритании (9 %) , Франции и Италии (по 7 %). Десять других стран ЕС такие как: Австрия, Бельгия, Дания, Греция, Ирландия, Нидерланды, Польша, Португалия, Румыния и Швеция — имеют более чем 1 ГВт установленной мощности (Рис. 3) [9, с. 11].

Относительно России, то мы, к сожалению, имеем более чем скромные показатели роста доли ветроэнергетики. По данным EWEA, суммарная вырабатываемая мощность ветряной энергии в России за 2010 год составила всего лишь 15 МВт [8, с. 4], при этом в течении последних трех лет новых мощностей не вводилось.



**Рисунок 3. Доля производства ветроэнергетики в ЕС 2013 г.**

Самым главным препятствием развития как альтернативной энергетики в целом, так и ветроэнергетики, в частности, является необоснованное мнение об экономической неэффективности использования возобновляемых источников энергии в РФ, учитывая ее огромные запасы органических, ядерных и водных энергоресурсов.

Нужно понимать, что развитие ветроэнергетики в Европе — реальная угроза снижения нашего экспорта нефти и газа. По предположению П.П. Безруких адекватным ответом могло бы служить активное участие нефтяных и газовых компаний России в развитии ветроэнергетики, так как подобное направление диверсификации их деятельности вполне может скомпенсировать снижение объема экспорта [1, с. 24].

Кроме этого нужно сказать о необходимости резервирования потребителей питаемых от ВЭС на случай энергетических затиший, потому что одним из главных недостатков энергии ветра является природная нестабильность. Этот факт необходимо учитывать при работе ветроэнергетических установок в сетях. Выводы зарубежных специалистов-сетевиков подтверждают, что проблемы в энергосистемах из-за нестабильности выдачи мощности ветроустановками начинаются после достижения ими доли в 20—25 % от общей установленной мощности системы [2, с. 48].

Что же касается проблемы нестабильности, то в мире уже найдены варианты решения данной проблемы: точность прогнозов выдачи энергии ветростанций при почасовом планировании на рынке «на день вперед» или спотовом режиме превышает 95 %, что является очень высоким уровнем прогнозирования выдачи мощности от источника, выдача мощности от которого носит вероятностный характер [2, с. 48]. Таким образом, мировая практика подтверждает, что правильное планирование развития сетей с учетом перспективы размещения электростанций функционирующих на основе ВИЭ приводит к повышению надежности электроснабжения.

Для развития ветроэнергетики в РФ немалой проблемой является неразвитость инфраструктуры и недостаток квалифицированных кадров, а также недостаточная государственная поддержка и отсутствие программы развития ветроэнергетики и стимулов для инвестирования в отрасль.

Несмотря на существующие сложности для использования энергии ветра в России, можно и нужно привести аргументы в пользу развития ветроэнергетики в нашей стране:

- ветровая энергетика — это один из наиболее быстрых и при этом дешевых способ решения проблем энергоснабжения удаленных труднодоступных населенных пунктов, не подключенных к централизованным сетям (в России это особенно актуально, для прибрежных районов Северного Ледовитого океана в сетях децентрализованного электроснабжения [6, с. 79]);

- ветровые установки не наносят вреда окружающей среде и климату. Ветрогенератор мощностью 1 МВт сокращает ежегодные выбросы в атмосферу 1800 тонн  $CO_2$ , 9 тонн  $SO_2$  и 4 тонн  $N_2O$  [3];
- ветроэнергетические станции в отличие от традиционных тепловых электростанций не используют воду в процессе работы, таким образом снижая нагрузку на водные ресурсы [5, с. 60];
- сооружение ветроэнергетических объектов не требует больших единовременных капитальных вложений и осуществляется за короткое время. Ветростанция на суше мощностью 10 МВт может быть построена за 2 месяца. Причем основное время уходит на сооружение фундамента и «выдержку» бетона. Собственно монтаж ВЭУ длится 2—3 дня. А ветростанция 50 МВт может быть построена за 18 или 24 месяца. В это время входит измерение скорости ветра на площадке в течение минимум полугода. непосредственно же сооружение ВЭС занимает около 6 месяцев [1, с. 20].;
- развитие ветроэнергетики — это развитие инновационных направлений в промышленности, что приводит к расширению внутреннего спроса на изделия машиностроения, а также расширение экспортных возможностей;
- ветряные электростанции весьма эргономичны, то есть занимают сравнительно небольшие площади вписываясь в ландшафт местности и хорошо сочетаются с другими практическими видами использования территории;
- энергия, которую вырабатывают ВЭУ, уже в ближайшей перспективе оказывается самой дешевой. По подсчетам Штефана Гзенгера, исполнительного директора WWEA (из выступления 5 июля в Бонне на международной конференции), цена одного киловатт-часа электричества, выработанного современным ветрогенератором, составляет от 5 до 9 центов. Для сравнения: электроэнергия, которую вырабатывают угольные электростанции, стоит в Европе примерно 7 центов. Однако, по подсчетам ЕС и немецкого министерства по охране окружающей среды, истинная цена энергии ветра оказывается вдвое дешевле, так как впоследствии не нужно делать отчислений на экологию и здравоохранение;
- крупные ВЭС — это сокращение дефицита мощности в энергосистемах, что является предпосылкой для развития промышленности;
- в технологиях ветроэнергетики реализуются последние достижения многих научных направлений и технологий из разных областей: аэродинамики, микроэлектроники, силовой электроники, электроэнергетики, теплоэнергетики, нанотехнологии, материаловедения, метеорологии и т. п.



Таким образом, можно не сомневаться в целесообразности внедрения в РФ новых ветроэнергетических установок, не смотря на сложности развития, внедрения и широкомасштабного использования ветроэнергетики в России. Рассматривая зарубежный опыт развития ветроэнергетики можно убедиться в том, что ветроэнергетика является важной частью в электроэнергетике, а касаясь России, то при соответствующей государственной поддержке ветроэнергетика способна стать конкурентоспособной уже в ближайшей перспективе.

### Список литературы:

1. Безруких П.П., Безруких П.П. (младший). Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации/Центр экологической политики России, 2011. — 74 с.
2. Безруких П.П. Возобновляемая энергетика: сегодня — реальность, завтра — необходимость. М.: Лесная страна, 2007. — 120 с.
3. Википедия [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Ветроэнергетика> (Дата обращения: 11.03.2014).
4. Возобновляемая энергетика на Северо-Западе России: Сборник докладов международного конгресса «Дни чистой энергии в Петербурге — 2010» / под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Елистратова В.В.. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010. — 144 с.
5. Возможности использования ветроэнергетики в челябинской области/ А.А. Зйцева, А.С. Устинова, С.С. Спирина// XIII научно-практическая конференция «Дни науки — 2013». Тезисы докладов: в 2 т. Озерск, 26—27 апреля 2013 г. Озерск: ОТИ НИЯУ МИФИ, 2013. — 60—62 с.
6. Использование математической модели формирования и выбора класса замещения традиционных источников энергии в децентрализованных сетях электроснабжения /Тарасов А.С. // «Технические науки — от теории к практике»: материалы XVIII международной заочной научно-практической конференции. (20 февраля 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — С. 78—84
7. The World Wind Energy Association. Half — year report 2013 [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: [http://www.wwindea.org/webimages/Half-year\\_report\\_2013.pdf](http://www.wwindea.org/webimages/Half-year_report_2013.pdf) (Дата обращения: 07.03.2014).
8. Wind in power. 2012 European statistics [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/Wind\\_in\\_power\\_annual\\_statistics\\_2012.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/Wind_in_power_annual_statistics_2012.pdf) (Дата обращения: 09.03.2014).
9. Wind in power. 2013 European statistics [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: [http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA\\_Annual\\_Statistics\\_2013.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/files/library/publications/statistics/EWEA_Annual_Statistics_2013.pdf) (Дата обращения: 09.03.2014).

**ЛОКАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ЛУЧИСТОГО ТЕПЛООБМЕНА  
В КОЛЬЦЕВОМ КАНАЛЕ ТЕПЛООБМЕННИКА**

***Шевченко Сергей Николаевич***

*канд. техн. наук, доцент,  
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота,  
РФ, г. Калининград  
E-mail: [shevchenko\\_s@baltnet.ru](mailto:shevchenko_s@baltnet.ru)*

***Шинкарева Нина Владимировна***

*канд. физ.-мат. наук, доцент Балтийский военно-морской институт,  
РФ, г. Калининград*

***Гузнаева Ольга Геннадьевна***

*канд. пед. наук, доцент Балтийский военно-морской институт,  
РФ, г. Калининград*

**CHARACTER OF CHANGES RADIANT FLUX  
ON WALL HEAT EXCHANGER INSIDE  
THE ANNULAR CHANNEL WITH THE PRESENCE  
OF A PERFORATED SCREEN**

***Sergey Shevchenko***

*PhD, Associate Professor, Federal state budgetary educational institution  
of professional education «Baltic state academy of the fishing fleet»,  
Russia, Kaliningrad*

***Nina Shinkareva***

*PhD, Associate Professor, Baltic Naval Institute,  
Russia, Kaliningrad*

***Olga Guznaeva***

*PhD, Associate Professor, Baltic Naval Institute,  
Russia, Kaliningrad*

## АННОТАЦИЯ

Рассмотрена задача об определении локальных разрешающих угловых коэффициентов излучения в кольцевом канале теплообменника. На основании известных уравнений для средних и локальных угловых коэффициентов получены аналитические выражения для локальных разрешающих угловых коэффициентов излучения, определяющих плотность результирующего лучистого потока на внутреннюю поверхность наружного цилиндра теплообменника.

## ABSTRACT

Consider the problem of determining the local resolving configuration factor in the annular channel of the heat exchanger. On the basis of the known equations for the view factor and local configuration factor expressions are obtained analytical expressions for local resolving configuration factor determining the resulting radiation flux density on the inner surface of the outer cylinder heat exchanger.

**Ключевые слова:** разрешающий угловой коэффициент излучения; средний угловой коэффициент излучения; результирующее излучение; плотность потока излучения; результирующее излучение; теплообменник; перенос излучения.

**Keywords:** resolving configuration factor; view factor; net radiation; radiation flux; heat exchanger; radiative transfer.

Определение и расчет характеристик излучения представляет важную задачу теории лучистого теплообмена и ее практических приложений. Сложность расчета таких характеристик составляет одну из проблем решения задач теплообмена.

Одним из инженерных методов расчета результирующих потоков излучения является метод Суринова Ю.А. [2], основанный на приближенном решении интегральных уравнений теории переноса излучения и лучистого теплообмена. Данный метод достаточно успешно используется в современных исследованиях [1].

Особая ценность этого метода заключается в том, что наряду с осредненными характеристиками по зонам, анализ радиационного теплообмена можно производить для локальных точек поверхностей, участвующих в теплообмене. Известно [3], что локальные плотности лучистых потоков определяются как

$$E_{\text{рез}}(M_i) = A_i \sum_{k=1}^n A_k E_{ki} \Phi(M_i, F_k)$$

где:  $M_i \in F_i$ , а локальные разрешающие угловые коэффициенты излучения  $\Phi(M_i, F_k)$  вычисляются по формулам

$$\Phi(M_i, F_k) = \sum_{j=1}^n R_j \Phi(M_i, F_j) \varphi_{jk} + \varphi(M_i, F_k),$$

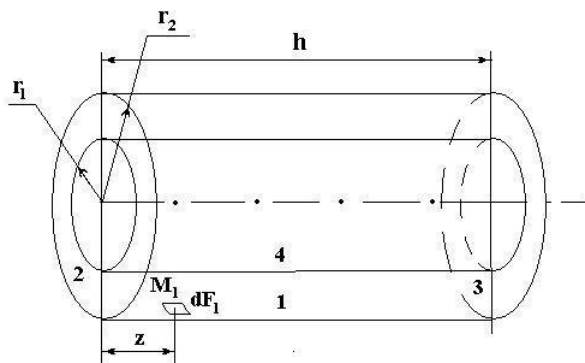
где:  $M_i \in F_i$ ;  $i, k = 1, 2, \dots, n$ .

Наибольшую трудность при проведении анализа представляет вывод аналитических выражений для локальных разрешающих угловых коэффициентов излучения, которые являются функциями как средних, так и локальных угловых коэффициентов излучения.

Рассмотрим схему, изображенную на рисунке 1.

Для произвольной точки, находящейся на внутренней поверхности цилиндра (зона 1) с учетом  $E_{11} = 0$ , имеем

$$E_{рез}(M_1) = A_1 \left[ A_2 E_{21} \Phi(M_1, F_2) + A_3 E_{31} \Phi(M_1, F_3) + A_4 E_{41} \Phi(M_1, F_4) \right]$$



**Рисунок 1. Схема кольцевого канала с расположением зон**

Таким образом, необходимо получить выражения для трех локальных разрешающих угловых коэффициентов излучения

$\Phi(M_1, F_2)$ ,  $\Phi(M_1, F_3)$ ,  $\Phi(M_1, F_4)$ . Решение системы производилось методом Гаусса, в результате чего были получены аналитические выражения для указанных коэффициентов.

Введем обозначения:  $A12 = -R_2\varphi_{21}$ ;  $A13 = -R_3\varphi_{31}$ ;  $A14 = -R_4\varphi_{41}$ ;  $B1 = \varphi(M_1, F_1)$ ;  $A22 = R_1R_2\varphi_{12}\varphi_{21} - 1$ ;  $A23 = R_3(R_1\varphi_{12}\varphi_{31} - \varphi_{32})$ ;  $A24 = R_1(R_1\varphi_{12}\varphi_{41} - \varphi_{32})$ ;  $B2 = -R_1\varphi_{12}\varphi(M_1, F_1) - \varphi(M_1, F_1) - \varphi(M_1, F_2)$ ;  $C1 = R_1\varphi_{13}\varphi_{31}$ ;  $C2 = R_1\varphi_{13}\varphi_{41}$ ;  $C3 = R_1\varphi_{13} + R_2\varphi_{23}$ ;  $C5 = -B2$ ;  $C6 = R_1\varphi_{12}\varphi_{31} -$

$$\varphi_{32}; \quad C7 = R_1\varphi_{13}\varphi(M_1, F_2); \quad A33 = R_3\left(C1 - \frac{C3 \cdot C6}{A22}\right) - 1;$$

$$A34 = R_4\left[C2 - \varphi_{43}\left(1 - \frac{C3}{A22}\right)\right]; \quad B3 = C7 + \frac{C3}{A22} \cdot C5;$$

$$C8 = R_1\varphi_{14} + R_3\varphi_{34}; \quad C9 = R_1\varphi_{14}\varphi_{23} + \varphi_{24}; \quad C10 = 1 + R_1R_4\varphi_{14}\varphi_{43};$$

$$C11 = R_1 \cdot \varphi_{14} \cdot \varphi(M_1, F_3) - \varphi(M_1, F_4); \quad A42 = C8 - \frac{R_2R_3C9 \cdot C8}{A22};$$

$$A43 = -C10 - \frac{R_2R_4C9 \cdot C6}{A22}; \quad B41 = C1 \cdot \left(1 - \frac{R_2 \cdot C9}{A22}\right);$$

$$A5 = A43 - \frac{A43}{A33} \cdot A34; \quad B4 = B41 - \frac{A43}{A33} \cdot B3.$$

Здесь средний угловой коэффициент  $\varphi_{11}$  равен [5]

$$\varphi_{11} = \frac{1}{\pi R_2} \left\{ \begin{aligned} &\pi(R_2 - R_1) + \arccos\left(\frac{R_1}{R_2}\right) - \\ &-1(1 + 4R_2^2)^{\frac{1}{2}} \arctg \frac{\sqrt{(1 + 4R_2^2)(R_2^2 - 4R_1^2)}}{R_1} + \\ &+ 2R_1 \arctg \left[ 2 \cdot (R_2^2 - 4R_1^2)^{\frac{1}{2}} \right] \end{aligned} \right\},$$

где:  $R_1 = \frac{r_1}{h}$ ;  $R_2 = \frac{r_2}{h}$ .

Средний угловой коэффициент излучения с внутренней боковой поверхности цилиндра на кольцевом основании определяется по формуле [7]

$$\varphi_{12} = \varphi_{13} = \frac{1}{\pi} \left\{ R \left( \operatorname{arctg} \frac{X}{H} - \operatorname{arctg} \frac{2X}{H} \right) + \right. \\ \left. + \frac{H}{4} [\arcsin(2R^2 - 1) - \arcsin R] + \right. \\ \left. + \frac{X^2}{4H} \left( \frac{\pi}{2} + \arcsin R \right) - \left[ \frac{(1 - R^2 + H^2) - 4R^2}{4H} \right]^{\frac{1}{2}} \left( \frac{\pi}{2} + \arcsin Y \right) + \right. \\ \left. + \frac{(4 + H)^{\frac{1}{2}}}{4} \left[ \frac{\pi}{2} + \arcsin \left( 1 - \frac{2R^2 H^2}{4X^2 + H^2} \right) \right] \right\},$$

где:  $H = \frac{h}{h_2}$ ;  $X = (1 - R^2)^{\frac{1}{2}}$ ;  $R = \frac{r_1}{r_2}$ ;  $Y = \frac{R(1 - R^2 - H^2)}{(1 - R^2 + H^2)}$ .

Угловой коэффициент  $\varphi_{14}$  определяется как  $\varphi_{14} = \frac{F_4}{F_1} \varphi_{41}$ , где  $\varphi_{41}$

получен в [4]

$$\varphi_{41} = \frac{1}{\pi R_1} \left\{ \frac{1}{2} (R_2^2 - R_1^2 - 1) \arccos \frac{R_1}{R_2} + \pi R_1 - \right. \\ \left. - \frac{\pi}{2} AB - 2R_1 \operatorname{arctg} (R_2 - R_1)^{\frac{1}{2}} + \right. \\ \left. + [(1 - A^2)(1 + B^2)]^{\frac{1}{2}} \operatorname{arctg} \left[ \frac{(1 + A^2)B}{(1 + B^2)A} \right]^{\frac{1}{2}} \right\},$$

где:  $R_1 = \frac{r_1}{h}$ ;  $R_2 = \frac{r_2}{h}$ ;  $A = R_2 + R_1$ ;  $B = B_2 - R_1$ .

Угловой коэффициент между кольцевыми основаниями  $\varphi_{23} = \varphi_{32}$  [8]

$$\varphi_{23} = 1 - \left( \frac{H}{R^2 - 1} \right) \cdot [1 - R(\varphi_{11} + 2\varphi_{14} - 1)],$$

где:  $H = \frac{h}{r_1}$ ;  $R = \frac{r_2}{r_1}$ . Соответственно,  $\varphi_{24} = \varphi_{34}$  и  $\varphi_{24} = \frac{F_1}{F_2} \varphi_{42}$ , где  $\varphi_{42}$  [8] равен

$$\varphi_{42} = \frac{B}{8RH} + \frac{1}{2\pi} \left\{ \arccos\left(\frac{A}{B}\right) - \left[ -\frac{1}{2H} \left[ \frac{(A+2)^2}{R^2} - 4 \right]^{1/2} \arccos\left(\frac{AR}{B}\right) - \frac{A}{2RH} \arcsin R \right] \right\},$$

где:  $R = \frac{r_1}{r_2}$ ;  $H = \frac{h}{r_2}$ ;  $A = H^2 + R^2 - 1$ ;  $B = H^2 - R^2 + 1$ .

Соответственно, локальные угловые коэффициенты излучения [6]

$$\begin{aligned} \varphi(M_1, F_1) = & \left( 1 - \frac{1}{R} \right) + \frac{H}{4R} - \frac{Z^2 + 2R^2}{4R(4R^2 + Z^2)^{1/2}} + \\ & + \frac{1}{\pi} \left\{ \frac{1}{R} \left[ \operatorname{arctg} \frac{2A^{1/2}}{Z} + \operatorname{arctg} \frac{2A^{1/2}}{B^{1/2}} \right] + \right. \\ & + \left. \frac{H}{2R} \arcsin \left( 1 - \frac{2}{R^2} \right) \right\} - \frac{Z^2 + 2R^2}{2\pi R(4R^2 + Z^2)^{1/2}} \arcsin \frac{4A + Z^2 \left( 1 - \frac{2}{R^2} \right)}{Z^2 + 4A} - \\ & - \frac{B + 2R^2}{2\pi R(4R^2 + B)^{1/2}} \arcsin \frac{4A + B \left( 1 - \frac{2}{R^2} \right)}{B + 4A}, \end{aligned}$$

где:  $R = \frac{r_2}{R_1}$ ;  $H = \frac{h}{r_1}$ ;  $Z = \frac{z}{r_1}$ ;  $A = R^2 - 1$ ;  $B = (H - Z)^2$ .

$$\begin{aligned} \varphi(M_1, F_2) = & \frac{-Z}{4R} + \frac{Z^2 + 2R^2}{4R(4R^2 + Z^2)^{1/2}} \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \arcsin \left[ \frac{4A + Z^2 \left( 1 - \frac{2}{R^2} \right)}{Z^2 + 4A} \right] \right\} + \\ & + \frac{1}{2\pi R} \left\{ \arccos \left( \frac{D}{C-2} \right) - \operatorname{arctg} \frac{2A^{1/2}}{Z} - Z \arcsin \left( 1 + \frac{2}{R^2} \right) + \right. \\ & \left. + \frac{CZ}{\sqrt{C^2 - 4R^2}} \cdot \arcsin \frac{D}{R(C-2)} - Z \arccos \left( \frac{1}{R} \right) \right\}, \end{aligned}$$

где:  $Z = \frac{z}{r_1}$ ;  $R = \frac{r_2}{r_1}$ ;  $A = R^2 - 1$ ;  $C = Z^2 + R^2 + 1$ ;  $D = Z^2 - A$ .

$$\begin{aligned} \varphi(M_1, F_4) = & \frac{1}{R} - \frac{1}{2\pi R} \left[ \arccos \left( \frac{D}{C-2} \right) + \arccos \left( \frac{B-A}{B+A} \right) \right] + \\ & + \frac{Z}{2\pi R} \left[ \frac{C}{\sqrt{C^2 - 4R^2}} \arccos \frac{D}{R(C-2)} \right] + \frac{B^{1/2}}{2\pi R} \left[ \frac{B + R^2 + 1}{\sqrt{(B + R^2 + 1)^2 - 4R^2}} \times \right. \\ & \left. \times \arccos \frac{B-A}{R(B+A)} \right] - \frac{H}{2\pi R} \arccos \left( \frac{1}{R} \right), \end{aligned}$$

где:  $H = \frac{h}{r_1}$ ;  $R = \frac{r_2}{r_1}$ ;  $Z = \frac{z}{r_1}$ ;  $A = R^2 - 1$ ;  $B = (H - Z)^2$ ;

$C = Z^2 + R^2 + 1$ ;  $D = Z^2 - A$ .

Тогда, учитывая обозначения, локальные разрешающие угловые коэффициенты имеют вид

$$\Phi(M_1, F_4) = \frac{B4}{A5};$$



$$\Phi(M_1, F_3) = \frac{B3 - A34 \cdot \Phi(M_1, F_4)}{A33};$$

$$\Phi(M_1, F_2) = \frac{B2 - A24 \cdot \Phi(M_1, F_4) - A23 \cdot \Phi(M_1, F_3)}{A22}.$$

Полученные соотношения позволяют производить расчет локальных лучистых характеристик на внутреннюю поверхность наружного цилиндра теплообменника типа «труба в трубе».

### Список литературы:

1. Кулешов О.Ю. Совершенствование методов расчета режимов работы и конструкций промышленных печей на основе моделирования зонального и локального сопряженного теплообмена. Автореферат докт. диссертации. Саратов. 2012, — 40 С.
2. Суринов Ю.А. Применение и развитие нового метода определения и расчета локальных характеристик излучения. /Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. — 1967, — № 2, — с. 150—169.
3. Суринов Ю.А. Об итерационно-зональном методе исследования и расчета локальных характеристик лучистого теплообмена. /Известия СО АН СССР, — 1971, — № 13, — вып. 3, — с. 28—36.
4. Alexandrov V.T. Determination of the angular radiation coefficients for a system of two coaxial cylindrical bodies. / Inzh. Fiz. Zh., — 1965, — vol. 8, — № 5, — pp. 609—612.
5. Brockmann H. Analytic angle factors for the radiant interchange among the surface elements of two concentric cylinders. / Int. J. Heat Mass Transfer, — 1994, — vol. 37, — № 7, — pp. 1095—1100.
6. Leuenberger H. Person R.A. Compilation of radiation shape factors for cylindrical assemblies. ASME, 1956, November, paper № 56-A-144.
7. Modest M.F. Radiative shape factors between differential ring elements in concentric axisymmetric bodies. / J. Thermophys. Heat Trans., — 1988, — vol. 2, — № 1, — pp. 86—88.
8. Sparrow E.M., Miller G.B., Jonsson V.K. Radiative effectiveness of annular-finned space radiators, including mutual irradiation between radiator elements / J. Aerospace Sci., — 1962, — vol. 29, — № 11, — pp. 1291—1299.

## **СЕКЦИЯ 4.**

### **МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ**

#### **ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕРАБОТКИ МЕДНЫХ ОТХОДОВ В ПОРОШКИ ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННЫМ ДИСПЕРГИРОВАНИЕМ**

***Агеев Евгений Викторович***

*д-р техн. наук, профессор кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов Юго-Западного государственного университета,  
РФ, г. Курск  
E-mail: [ageev\\_ev@mail.ru](mailto:ageev_ev@mail.ru)*

***Агеева Екатерина Владимировна***

*канд. техн. наук, доцент кафедры физической химии и химической технологии Юго-Западного государственного университета,  
РФ, г. Курск  
E-mail: [ageeva-ey@yandex.ru](mailto:ageeva-ey@yandex.ru)*

***Хорьякова Наталья Михайловна***

*аспирант, преподаватель кафедры автомобилей, транспортных систем и процессов Юго-Западного государственного университета,  
РФ, г. Курск  
E-mail: [natali030119891@yandex.ru](mailto:natali030119891@yandex.ru)*

***Малюхов Виталий Сергеевич***

*студент, Юго-Западный государственный университет,  
РФ, г. Курск  
E-mail: [homovetal@gmail.com](mailto:homovetal@gmail.com)*

# THE POSSIBILITY OF PROCESSING OF COPPER WASTE IN POWDER ELECTROEROSIVE DISPERSION

**Ageev Evgeniy**

*doctor of Technical Sciences, Professor of Vehicles, Transport Systems and  
Processes of Southwest State University,  
Russia, Kursk*

**Ageeva Ekaterina**

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Physical Chemistry  
and Chemical Technology of Southwest State University,  
Russia, Kursk*

**Khoryakova Nataliya**

*graduate student, Lecturer of Department of Vehicles, Transport Systems  
and Processes of Southwest State University,  
Russia, Kursk*

**Malukhov Vitaliy**

*student of Southwest State University,  
Russia, Kursk*

*Работа выполнена по теме гранта Президента Российской  
Федерации № МК-1765.2013.8.*

## АННОТАЦИЯ

В статье описано получение медного порошка электроэрозионным диспергированием отходов электротехнической медной проволоки, а также представлены результаты исследования элементного состава полученных частиц с помощью энерго-дисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенного в растровый электронный микроскоп «QUANTA 600 FEG». Показано, что порошок содержит 98,69 % меди и незначительное количество примесей (1,31 %).

## ABSTRACT

The article describes the preparation of copper powder electroerosive dispersing waste electrical copper wire, as well as provides results of the study of the elemental composition of the resulting particles using energy-dispersive X-ray analyzer firm EDAX, built-in scanning electron microscope «QUANTA

600 FEG». It has been shown that the powder contains 98,69 % copper and minor amounts of impurities (1,31 %).

**Ключевые слова:** медные отходы; электроэрозионное диспергирование; порошок; элементный состав порошка.

**Keywords:** copper waste; electroerosive dispersion; powder; the elemental composition of the powder.

Особое место в жизни человечества с древнейших времён занимали медь и её сплавы. С середины 1960-х годов, мировой спрос на рафинированную медь увеличился более чем на 250 % (с 5 млн. до 20 млн. тонн). Добыча остается жизненно важной для того, чтобы удовлетворить этот растущий спрос. Однако, обеспечение достаточного количества меди для удовлетворения будущих потребностей общества требует повышения уровня утилизации и переработки [4, 6].

С другой стороны возросли объёмы образования отходов производства и отходов потребления — лома. Образующиеся в народном хозяйстве лом и отходы металлов подразделяются на оборотные, перерабатываемые в местах образования, и товарные, направляемые для переработки на другие предприятия. Максимальное вовлечение в переработку лома и отходов в местах образования является основным направлением их рационального использования [4].

Неполное использование лома и отходов в местах образования обуславливает наличие товарных ресурсов, которые составляют около 30 % общих ресурсов отходов и лома цветных металлов. В Курской области отсутствуют предприятия по переработке лома, что требует значительных затрат на транспортировку собранного лома. Учитывая вышесказанное, в настоящее время поиск и внедрение новых методов переработки медных отходов, позволяющих осуществлять переработку в местах их образования является одним из перспективных направлений [5].

На наш взгляд, особый интерес представляет переработка медных отходов в порошок, для последующего использования в автомобильной, авиационной, электротехнической, химической, машиностроительной промышленности для изготовления ответственных деталей, щеток электрических машин и фильтров для тонкой очистки масел; в порошковой металлургии для изготовления спеченных изделий, колец, втулок; в приборостроении и электроугольной промышленности для заделки контактов и пр. [1].

Выбор метода получения порошков определяется областью их применения, желательным набором свойств конечного продукта.

Характеристики получаемого продукта — гранулометрический состав и форма частиц, содержание примесей, величина удельной поверхности — могут колебаться в зависимости от способа получения в весьма широких пределах. В последние годы, одним из перспективных методов получения высокодисперсных порошков становится выбранный нами метод электроэрозионного диспергирования металлов. Этот способ позволяет получать порошок из практически любого токопроводящего металла [2].

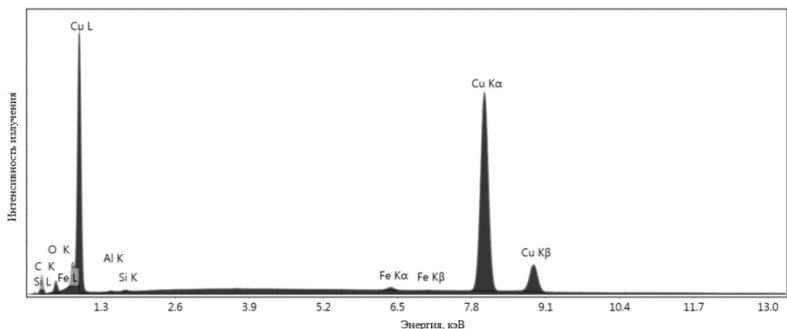
Тем не менее широкое использование метода электроэрозионного диспергирования сдерживается отсутствием справочного материала по оптимизации режимов порошкообразования и свойствам полученных медных порошков. Поэтому для широкого использования данного метода для производства порошков, требуются обширные теоретические и экспериментальные исследования.

Поэтому, целью исследования является получение медных порошковых материалов методом электроэрозионного диспергирования из отходов электротехнической медной проволоки и изучение их элементного состава.

Процесс получения медных порошков осуществлялся на установке для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов. Установка содержит реактор электроэрозионного диспергирования для загружаемых в него медных отходов, регулятор напряжения и генератор импульсов, силовой блок и блок управления [3].

Для получения медного порошка методом электроэрозионного диспергирования использовали отходы медной проволоки. Проволоку загружали в реактор, заполненный рабочей жидкостью — дистиллированной водой, процесс проводили при следующих электрических параметрах: напряжение порядка 200—220 В, частота 28 Гц. В результате локального воздействия кратковременных электрических разрядов между электродами произошло разрушение медной проволоки и образование мелкодисперсного медного порошка.

Для достижения поставленной цели с помощью энергодисперсионного анализатора рентгеновского излучения фирмы EDAX, встроенного в растровый электронный микроскоп «QUANTA 600 FEG», были получены спектры характеристического рентгеновского излучения в различных точках по поверхности образца порошка (рисунок 1).



**Рисунок 1. Элементный состав медного порошка в одной из точек**

На спектре каждому химическому элементу соответствует пик определенной высоты. По точкам был проведен элементный анализ по безэталонному методу. Расчет сделан в автоматическом режиме на элементную форму. Усредненный элементный состав образца медного порошка представлен в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Усредненный элементный состав образца медного порошка**

Элемент	Вес, %	Ошибка, %	Элемент	Вес, %	Ошибка, %
Cu	98,69	0,06	Ca	0,0303	0,0015
Si	0,155	0,008	Ag	0,0179	0,0031
Pb	0,0541	0,0027	Zn	0,0173	0,0029
P	0,0465	0,0023	K	0,0043	0,0011
Fe	0,0350	0,0017	Ti	0,0042	0,0007
Al	0,0346	0,0028			

Показано, что порошок содержит 98,69 % меди и незначительное количество примесей (1,31 %). На основании полученных результатов можно сказать, что медные порошки, полученные методом электро-эрозионного диспергирования, могут поменяться для переработки отходов потребления, причем с небольшими затратами и без вредного воздействия на окружающую среду.

### Список литературы:

1. Агеев Е.В. Анализ способов производства медных порошков [Текст] / Е.В. Агеев, Н.М. Хорьякова, В.С. Малюхов // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент: сб. докладов Междунар. науч.-инновац. конф.: Тамбов: Изд-во ИИ Чеснокова А.В., 2013. — С. 166—169. — ISBN 978-5-905724-24-4.
2. Агеев Е.В. Состав и свойства порошков, полученных электроэрозионным диспергированием отходов твердых сплавов: монография [Текст] / Е.В. Агеев, Р.А. Латыпов, Б.А. Семенихин, Е.В. Агеева. Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2011. — 123 с. — ISBN 978-5-7681-0629-4.
3. Агеев Е.В. Патент 2449859, Российская Федерация, С2, В22F9/14. Установка для получения нанодисперсных порошков из токопроводящих материалов / Агеев Е.В.; заявитель и патентообладатель Юго-Западный государственный университет. № 2010104316/02; заяв. 08.02.2010; опубл. 10.05.2012. — 4 с.
4. Бредихин В.Н. Медь вторичная: Монография [Текст] / Бредихин В.Н., Маняк Н.А., Кафтаненко А.Я. Донецк: ДонНТУ, 2006. — 416 с. — ISBN 996-96301-7-8.
5. Колобов Г.А. Сбор и обработка вторичного сырья цветных металлов. Учебник для вузов [Текст] / Колобов Г.А., Бредихин В.Н., Чернобаев В.М. М.: Металлургия, 1993. — 228 с.
6. Производство и потребление меди (Сводные данные) // Мировые товарные рынки. — 2014. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: [http:// www.cmmarket.ru/ stat.php? commod=cu&table=cuostat](http://www.cmmarket.ru/stat.php?commod=cu&table=cuostat) (дата обращения: 25.01.14).

**МИКРОСТРУКТУРА  
И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛЕРОДА  
ПОСЛЕ ОБЪЕМНОГО НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ  
КОНСТРУКЦИОННОЙ СТАЛИ 09Г2С**

***Мордовской Петр Григорьевич***

*младший научный сотрудник, Институт физико-технических  
проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН,  
РФ, г. Якутск  
E-mail: [mordov@yandex.ru](mailto:mordov@yandex.ru)*

***Яковлева Софья Петровна***

*проф., д-р техн. наук, зав. отделом материаловедения, Институт  
физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН,  
РФ, г. Якутск  
E-mail: [s.p.yakovleva@iptpn.ysn.ru](mailto:s.p.yakovleva@iptpn.ysn.ru)*

***Махарова Сусанна Николаевна***

*канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник, Институт  
физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН,  
РФ, г. Якутск  
E-mail: [snmachar@yandex.ru](mailto:snmachar@yandex.ru)*



# MICROSTRUCTURE AND DISTRIBUTION OF CARBON AFTER VOLUME NANOSTRUCTURING OF CONSTRUCTION STEEL 09G2S

***Petr Mordovskoi***

*junior research scientist, Institute of Physical and Technical Problems  
of the North SB RAS,  
Russia, Yakutsk*

***Sophia Yakovleva***

*professor, Doctor of Science, Head of Material Science department,  
Institute of Physical and Technical Problems of the North SB RAS,  
Russia, Yakutsk*

***Susanna Maharova***

*candidate of Science, leading research scientist, Institute of Physical  
and Technical Problems of the North SB RAS,  
Russia, Yakutsk*

## АННОТАЦИЯ

В работе исследованы микроструктура и распределение углерода в низкоуглеродистой конструкционной стали 09Г2С после объемного наноструктурирования методом равноканального углового прессования (РКУП) и последующего низкотемпературного отжига при 350 °С. Проведены сканирующая электронная микроскопия и микрорентгеноспектральный анализ структуры материала. После РКУП и отжига получена структура с ультрамелкозернистым ферритом и равномерно распределенными в ферритной матрице наноразмерными карбидами.

## ABSTRACT

We studied the microstructure and distribution of carbon after the volume nanostructuring by equal-channel angular pressing (ECAP) and subsequent low-temperature annealing at 350 °C. We performed scanning electron microscopy and micro x-ray spectral analysis of the structure. After ECAP and annealing obtained structure with ultrafine-grained ferrite and uniformly distributed in the ferrite matrix nanoscale carbides.

**Ключевые слова:** объемное наноструктурирование; равноканальное угловое прессование; структура; микрорентгеноспектральный анализ.

**Keywords:** volume nanostructuring; equal-channel angular pressing; structure; micro x-ray spectral analysis.

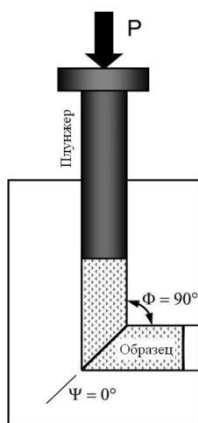
РКУП разработано В.М. Сегалом в 1970-х годах. В начале 90-х годов Р.З. Валиевым с соавторами [1] данная обработка металлических материалов была развита и впервые применена как метод интенсивной пластической деформации (ИПД) для получения структур с субмикрористаллическим и нанометрическим размером зерен. Комбинация РКУП и низкотемпературного отжига является перспективной технологией получения наноструктуры во всем объеме обработанного материала, что обуславливает получение уникальных физико-механических свойств.

**Материалы и методика исследования.** Исследования проведены на широко применяемой в условиях холодного климата конструкционной ферритно-перлитной стали 09Г2С. Химический состав представлен в табл. 1. Заготовки стали 09Г2С диаметром 20 мм и длиной 100 мм продавливали через матрицу с углом пересечения каналов  $90^\circ$  при  $20^\circ\text{C}$  с двумя циклами прессования по маршруту Вс (рис. 1). Затем проводили термическую обработку (ТО) низкотемпературный отжиг при  $350^\circ\text{C}$  в течение 1 часа.

*Таблица 1.*

**Химический состав стали 09Г2С, %**

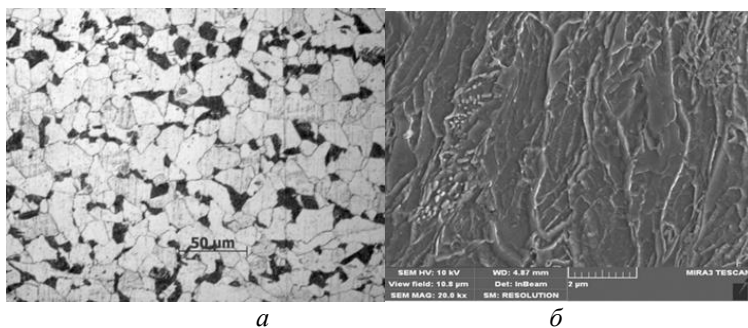
C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Cu
0,09	0,64	1,26	0,007	< 0,003	0,08	0,1	0,02	0,14



*Рисунок 1. Схема РКУП*

Сканирующую электронную микроскопию проводили на приборе Mira3Tescan. Микрораспределение химических элементов проведено методом микрорентгеноспектрального анализа при сканировании с помощью прибора JEOL JSM-6480LV (луч диаметром  $\sim 2$  мкм,  $K\alpha$ -излучение).

**Результаты и обсуждение.** Структура стали 09Г2С в исходном состоянии ферритно-перлитная (рис. 2, а) средний размер зерен феррита составляет 10—20 мкм.



**Рисунок 2. Микроструктура стали 09Г2С в исходном состоянии (а) и после РКУП и ТО при 350° С (б)**

После РКУП структура состоит из распределенных в деформированной ферритной матрице обособленных карбидов диаметром  $\sim 300 \dots 500$  нм и карбидных конгломератов, средний размер ферритных областей свободных от перлита равен  $\sim 5$  мкм [2]. При последующем нагреве до 350° С размер ферритных площадок становится менее 2 мкм, продолжается процесс диспергирования карбидов до первых десятков нм, происходит их растворение, сопровождающееся сфероидизацией и рассредоточением карбидов, что хорошо видно при больших увеличениях (рис. 2, б).

В колониях пластинчатого перлита при деформировании первоначально меняются межпластиночные расстояния; в пластинах феррита, как и в матричном феррите, идет формирование развитой ячеистой структуры, пластины цементита постепенно истончаются и фрагментируются.

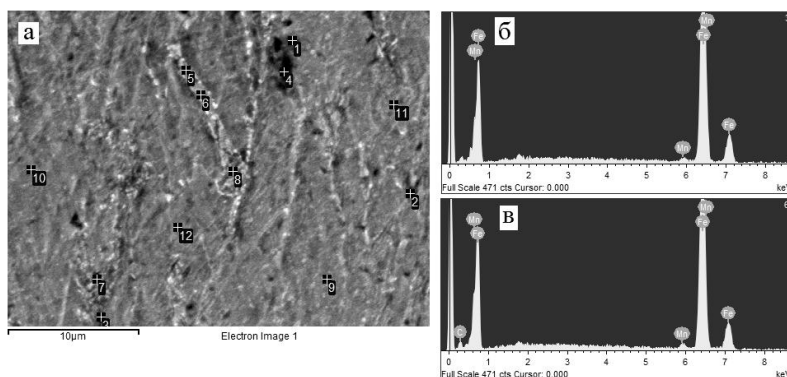
Для анализа микроструктуры наноструктурированной стали 09Г2С был проведен микрорентгеноспектральный анализ, были выбраны следующие точки в темных (1—4), светлых (5—8) и серых (9—12) областях (рис. 3).

В табл. 2 и рис. 3 представлены результаты микрорентгено-спектрального анализа. В темных областях снимка содержание углерода минимально (спектры 2 и 3), кроме области 1 и 4 (пора), в которой по всей видимости находится свободный графит. Светлые области (спектры 5—8) показали содержание углерода от 0,072 до 0,084 %. Серые области (спектры 9—12) практически не содержат углерод. Можно предположить, что в серых областях расположен феррит с растворимостью углерода 0,02—0,03 %, а в светлых областях вдоль границ зерен феррита расположены скопления карбидов.

*Таблица 2.*

**Микрорентгеноспектральный анализ.  
Содержание углерода по точкам**

Точка	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
С, %	0,067			0,14	0,072	0,078	0,084	0,081				0,052



*Рисунок 3. Микрораспределение химических элементов в образце после РКУП и ТО при 350 °С: области проведения микрорентгеноспектрального анализа (а); линии рентгеновского спектра в точке 3 (б) и в точке 6 (в)*

**Выводы:**

1. Микроструктура после РКУП и низкотемпературного отжига при 350° С состоит из фрагментированных вытянутых зерен феррита со средним размером зерен ~2 мкм.
2. Микрорентгеноспектральный анализ показал, что после РКУП и низкотемпературного отжига при 350° С происходит измельчение до первых десятков нанометров, сфероидизация

и перераспределение карбидов вдоль границ фрагментированного феррита.

### **Список литературы:**

1. Валиев Р.З., И.В. Александров. Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М.: Логос, 2000. — 272 с.
2. Яковлева С.П., Махарова С.Н., Борисова М.З. Образование наноразмерных элементов структуры в стали 09Г2С при низкотемпературном отжиге после интенсивной пластической деформации // Сб. материалов III межд. конференции «Деформация и разрушение материалов и наноматериалов» (12—12 октября 2009 г., М.). М.: Интерконтакт Наука, — 2009. — Т. 1. — С. 256—257.

## СЕКЦИЯ 5.

### АЭРО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

#### ОПТИМАЛЬНЫЕ ТРАЕКТОРИИ ПЕРЕХОДА КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ МЕЖДУ ЗАДАНЫМИ ОРБИТАМИ РАЗЛИЧНОГО ТИПА

*Королев Владимир Степанович*

*канд. физ.-мат. наук, доцент,  
Санкт-Петербургский Государственный Университет,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [vokorol@bk.ru](mailto:vokorol@bk.ru)*

#### OPTIMUM TRAJECTORIES OF TRANSITION SPACECRAFTS BETWEEN THE SET ORBITS OF VARIOUS TYPE

*Korolev Vladimir*

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, assistant professor,  
Saint-Petersburg State University,  
Russia, Saint-Petersburg*

#### АННОТАЦИЯ

Рассматриваются оптимальные траектории переходов космических аппаратов между различными орбитами космических объектов. Они совершают движение по своим орбитам при заданных начальных данных. Требуется определить множество допустимых решений с учетом возможных ограничений на время и затрат энергии. Это позволит выбрать самый удобный маршрут для последовательного обслуживания заданной группы, то есть порядок выполнения всей последовательности переходов между орбитами различного типа.

## ABSTRACT

Optimum trajectories of transitions of spacecrafts between various orbits of space objects are considered. They make movement on the orbits at the set initial data. It is required to define a set of admissible decisions taking into account possible restrictions on time and energy expenses. It will allow to choose the most convenient route for consecutive service of the set group, that is an order of performance of all sequence of transitions between orbits of various type.

**Ключевые слова:** небесная механика; математические модели; оптимальные решения.

**Keywords:** celestial mechanics; mathematical models; optimal solutions.

Рассматривается задача построения траекторий движения космических аппаратов, достигающих заранее поставленных целей при минимальных затратах топлива на каждом этапе [1—9]. Соответствующие траектории называются энергетически оптимальными. Другим определяющим фактором является промежуток времени, в течение которого требуется выполнить маневрирование, если он фиксирован или должен быть наименьшим. Было опубликовано большое количество научных работ, в которых изучены различные аспекты и рассмотрены частные случаи маневрирования: межорбитальные перелеты в окрестности Земли и полеты к Луне, межпланетные перелеты и полеты к другим объектам. Появились работы обобщающего характера для оптимального управления движением космических аппаратов для нахождения энергетически оптимальных маневров в гравитационном поле и задач быстрогодействия [1, 7, 8], в том числе с учетом влияния многих физических факторов и ограничений, которые приводят к усложнению в постановках задач и полученных уравнениях. Во многих реальных задачах в качестве начальных приближений применяются решения задач в упрощенных постановках, когда действие возмущений считают пренебрежимо малым, а активные участки полета при работе двигателя аппроксимируют мгновенным изменением вектора скорости, а затем используют методы последовательного уточнения. На первый план выходят вопросы исследования свойств уравнений и решений, количество импульсов для реализации маневра, возможные ветвления, получение удобных начальных приближений и алгоритмов последующего уточнения [2—6].

Для нахождения оптимальных траекторий требуется определить множество допустимых решений для перехода между орбитами различного типа с учетом возможных ограничений, а затем выбрать

самый удобный маршрут для последовательного обслуживания заданной группы.

Оптимальное маневрирование управляемого космического аппарата (УКА) может быть реализовано при условии реализации одного из вариантов:

- ограниченной по мощности, но достаточно большой тяги, когда в начальном приближении можно пренебречь изменением положения за время работы двигателя (импульсная постановка);
- малой тяги, но имеющей почти неограниченный ресурс по времени работы (солнечный парус, двигатели на ядерном топливе, электродвигательные установки, ионные двигатели);
- сочетание двигателей разного типа;

Рассматривают задачи оптимального маневрирования, когда требуется:

- изменить размеры начальной орбиты или ее форму (коррекция или переход между заданными граничными орбитами);
- изменить расположение линии апсид или плоскости орбиты (разворот);
- попасть в нужную точку пространства в тот момент, когда там же или сколь угодно близко будет находиться нужный объект (жесткая встреча);
- попасть в нужную точку пространства в тот момент, когда там же или сколь угодно близко будет находиться нужный объект и дополнительным включением двигателей можно выровнять скорости (мягкая встреча);
- в процессе движения по переходной траектории оказаться в некоторой окрестности нужного объекта с малой относительной скоростью для его обследования (инспекция) или обслуживания (заправка, ремонт).

Критерии оптимальности могут быть разными:

- обеспечить минимальный расход топлива;
- реализовать переход за наименьшее или заданное время;
- обеспечить переход с минимальной или заданной угловой дальностью;
- получить нужные значения абсолютных или относительных параметров движения в конечной точке маневра для встречи;
- обеспечить наибольшее количество проинспектированных объектов.

При этом могут существовать дополнительные ограничения:

- на время движения по переходной траектории (продолжительность полета на отдельных этапах);



- на время ожидания идеальных условий (время старта) для перехода с учетом согласования фаз движения по граничным орбитам;

- на количество включений двигателей (число импульсов);
- на время работы двигателя при отдельных включениях;
- на общий расход топлива при маневрировании;
- на параметры переходных орбит.

Особенности постановки задачи оптимального маневрирования в работе:

- необходимо выбрать маршрут, то есть порядок выполнения всей последовательности переходов для инспекции или обслуживания многих космических объектов, которые совершают движение по своим орбитам при заданных начальных данных;

- при выборе основного критерия оптимальности по расходу топлива необходимо дополнительно учитывать ограничения;

- рассматривается в начальном приближении импульсная постановка реализации отдельных переходов.

Неожиданные, хотя и очевидные результаты:

- самый оптимальный режим маневрирования для обслуживания или инспекции — это отсутствие маневров (включений двигателей), если все поставленные задачи можно решить, продолжая движение по начальной (удачно выбранной) орбите, что само по себе является сложной задачей;

- возможно существование оптимальных маршрутов, когда отдельные этапы и переходы между двумя орбитами не являются оптимальными;

- возможно существование оптимального маршрута частичного обслуживания выборки из общего множества объектов, если остальные этапы могут оказаться невыполнимыми;

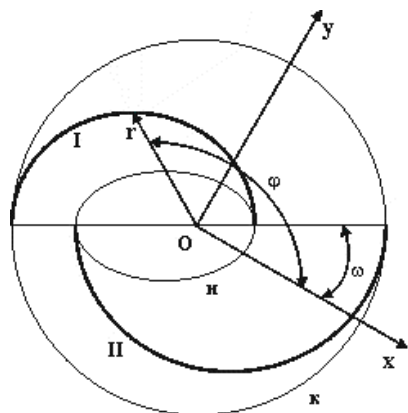
- возможно существование дополнительных критериев (кроме задач быстродействия или по расходу), когда требуется обслуживание некоторых объектов в первоочередном порядке.

Энергетически оптимальные решения задач со свободным временем дают глобально оптимальные решения, однако они, как правило, требуют очень больших промежутков времени ожидания наступления моментов, благоприятных для старта и выхода на эти оптимальные орбиты перехода для встречи с другим объектом. Энергетически оптимальные переходы с учетом ограничений времени движения по орбитам дают лишь локально оптимальные (относительно времени старта) решения. Как правило, чем больше возможная отсрочка старта, тем более оптимальное решение мы получаем,

и в пределе при свободном выборе времени ожидания реализуется абсолютно оптимальное решение соответствующей задачи. Отметим, что задачи с учетом времени движения по орбитам являются существенно более сложными для исследования. Ограничения в задачах оптимизации часто играют решающую роль, а значения параметров находятся на границе допустимой области.

При необходимости обслуживания большого числа объектов можно использовать принцип декомпозиции, который применяли для решения задач перелета к планетам солнечной системы. Переходная траектория состыковывалась из кусочков орбит движения в разных зонах притяжения, каждую из которых считали центральным гравитационным полем. В этом случае движение тела под действием силы тяготения, обратно пропорциональной квадрату расстояния до центра притяжения, происходит согласно законам Кеплера и Ньютона по одному из конических сечений — окружности, эллипсу, параболе или гиперболе. В точках сопряжения конечные данные переходят в начальные для нового участка орбиты. В нашем случае конечные и начальные значения на соседних участках отличаются импульсным изменением вектора скорости, величину и направление которого мы считаем управлением.

Когда начальная скорость  $\mathbf{V}_0$  превышает круговую для соответствующей точки и ортогональна радиус-вектору  $\mathbf{r}_0$ , перигей эллиптической орбиты расположен в начальной точке, апогей — на противоположном конце  $A$  линии апсид, проходящей через центр (рис. 1). При этом  $V_0 r_0 = V_A r_A$ .



*Рисунок 1. Варианты траекторий перехода после импульса*

Одноимпульсный переход возможен в том случае, если начальная и конечная орбиты имеют общую точку или нужен вариант жесткой встречи. Он осуществляется путем однократного включения двигателя. Если начальная скорость близка к параболической, которая обеспечивает уход на бесконечность из зоны притяжения, то в качестве начального приближения можно выбрать соответствующую параболу [3, 6]. Такой маневр может потребоваться, если учитываются существенные ограничения на время перехода на следующую орбиту. Переходы между непересекающимися орбитами могут быть осуществлены путем приложения двух или более импульсов. Схемы таких переходов весьма многочисленны и разнообразны, так как они определяются назначением маневра и параметрами начальной и конечной орбит.

При отсутствии возмущений движение имеет известное решение, которое определяется начальными значениями радиус-вектора, вектора скорости и гравитационным параметром центрального тела. Они определяют постоянные для выделенного участка параметры орбиты, которые называют кеплеровыми элементами  $k(t) = (a, e, i, \Omega, \omega, M_0)$ .

Кеплеровы элементы орбиты  $k(t)$  позволяют вычислять абсолютные декартовы координаты  $x(t)$  и скорости  $v(t)$  для невозмущенного движения спутников в заданный произвольный момент времени.

Время движения между двумя точками орбиты можно определить из уравнения Кеплера, когда вместо истинной аномалии вводят вспомогательную переменную — эксцентрическую аномалию  $E$ :

$$\operatorname{tg} \frac{E}{2} = \sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \operatorname{tg} \frac{g}{2},$$

$$E - e \sin E = M = n(t - t_0).$$

Параметр  $n$  называется средним движением и играет роль угловой скорости.

Аппроксимация возмущений кусочно-постоянными функциями приводит задачу к последовательному сопряжению участков траекторий, полученных при выбранной параметризации промежутков движения и действующих импульсов [4, 7]. Для нахождения изменений элементов  $k(t)$  в случае возмущенного движения можно использовать дифференциальные уравнения Эйлера, где правые части уравнений определяются текущими значениями элементов и проек-

циями возмущающих ускорений на оси орбитальной системы координат. Изменения декартовых координат для каждого выделенного объекта в пространственном случае описывает система уравнений [4]:

$$\frac{d^2 x_i}{dt^2} + \frac{\mu}{r^3} x_i = \frac{\partial}{\partial x_i} (U) + P_i = f_i, \quad i = 1, 2, 3.$$

Здесь  $x$  — декартовы координаты,  $r$  — модуль радиус-вектора,  $U$  — силовая функция учитываемых возмущений,  $\mu$  — гравитационный параметр,  $P$  — непотенциальные силы, включая реактивную тягу двигателей на активных участках полета.

Если заданы начальное положение, конечное положение и желаемое время перелета между двумя точками граничных орбит, то решение проблемы Ламберта позволяет определить нужную переходную орбиту с учетом изменения скорости в начальной и конечной точках. Большая полуось является единственным неизвестным параметром, а время перелета можно записать как функцию большой полуоси. Теорема Ламберта утверждает, что время, требуемое для перелета, зависит только от большой полуоси, суммы двух радиусов и расстояния между начальной и конечной точками (длина хорды) [4]. Если три величины известны, то четвертая может быть определена из уравнения

$$t - t_0 = \sqrt{\frac{a^3}{\mu}} [2k\pi + (E - e \sin E) - (E_0 - e \sin E_0)].$$

Если мы рассматриваем задачу обслуживания выделенной системы космических объектов, то можно по начальным данным определить их траектории движения в нулевом приближении или с учетом возмущений:

$$r = r^0(t), \quad t \in [t_0, T].$$

и движение активного космического аппарата:

$$r^a(t) = \begin{cases} r_1^a(t), t \in [t_0, t_1], \\ r_k^a(t), t \in [t_{k-1}, t_k], & t_k \in [t_0, T]. \\ r_N^a(t), t \in [t_{N-1}, t_N], \end{cases}$$

в виде функций времени, состыкованных в граничных точках, если выбран порядок следования и моменты переключения. Для оценки относительного положения и скорости объектов можно определить

$$\rho_k = r^a(t_k) - r^0(t_k), \quad v_k = v^a(t_k) - v^0(t_k), \quad t_k \in [t_0, T].$$

Для мягкой встречи или сопровождения требуется:

$$\rho_k \rightarrow 0, \quad v_k \rightarrow 0.$$

Для задачи инспектирования или обслуживания имеем условия:

$$|\rho_k| \leq \delta_1, \quad |v_k| \leq \delta_2.$$

Особенность задачи в том, что нужно последовательно выполнить эти условия для всех объектов из выделенной совокупности. Но пока мы заняты реализацией встречи для одного объекта, остальные меняют свое относительное положение и скорость в зависимости от выбора маршрута движения на очередном этапе [3, 5, 6].

Может показаться, что проблема маршрута сводится к простому перебору всех возможных вариантов перехода между заданными граничными орбитами после оценки затрат и времени для каждой пары орбит. Или сводится к простой задаче управления с линейным функционалом и линейными ограничениями. Но задача является нелинейной даже в нулевом приближении и существуют особенности решений даже в простейших случаях.

Другой способ определения движения в центральном гравитационном поле с учетом действующих возмущений связан с регулирующим преобразованием уравнений движения и переходом к почти линейным уравнениям в конфигурационном пространстве

увеличенной размерности или каноническим уравнениям для регулярных элементов. Замена переменных для фазовых координат и независимой переменной в пространственном случае устраняет особенности в исходных уравнениях и приводит уравнения движения к почти линейному виду [4, 9]. Полученные уравнения можно привести к каноническому виду для специальных регулярных элементов.

### Список литературы:

1. Ильин В.А., Кузмак Г.Е. Оптимальные перелеты космических аппаратов. М.: изд. «Наука», 1976. — 744 с.
2. Коваленко А.Н., Королев В.С. Задача оптимизации траекторий для перехвата и отклонения опасных для Земли астероидов с учетом ограничений на время или импульс // Вопросы механики и процессов управления. Вып. 19. СПб.: изд. СПбГУ, 2003. — С. 242—247.
3. Королев В.С. Оптимизация и вычисление траекторий методом возмущенных конических сечений // Вопросы механики и процессов управления. Л.: изд. ЛГУ, 1988. — С. 67—72.
4. Королев В.С. Преобразование уравнений движения управляемых систем. // Тезисы докладов. Четвертые Поляховские чтения. СПб.: изд. ВВМ, 2006. — С. 103—104.
5. Королев В.С. Задачи оптимального инспектирования астероидов космическим аппаратом // Шестые Поляховские чтения. Избранные труды Международной научной конференции по механике. М.: изд. Балабанов, 2012. — С. 123—126.
6. Королев В.С., Олехова Е.Ф. О построении оптимальной траектории встречи на компланарной круговой орбите при наличии сильных ограничений на время движения // Математические методы решения инженерных задач. М., изд. МинОбороны, 2005. — С. 98—104.
7. Лоуден Д.Ф. Оптимальные траектории для космической навигации. М.: изд. «Мир», 1966. — 152 с.
8. Новоселов В.С. Аналитическая теория оптимизации в гравитационных полях. Л.: изд. ЛГУ, 1972. — 317 с.
9. Новоселов В.С., Королев В.С. Аналитическая механика управляемой системы. СПб.: изд. СПбГУ, 2005. — 298 с.
10. Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. М.: изд. «Наука», 1968. — 800 с.

## СЕКЦИЯ 6.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ИЗМЕЛЬЧЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ ДЛЯ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНОГО МАТЕРИАЛА НА ЕГО ПРОЧНОСТЬ

*Андреев Александр Александрович*

*аспирант, Петрозаводский Государственный Университет,*

*РФ, г. Петрозаводск*

*E-mail: [aaa.07.04.1989@yandex.ru](mailto:aaa.07.04.1989@yandex.ru)*

#### INFLUENCE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF CHOPPED WOOD FOR WOOD-CRETE MATERIAL ON ITS STRENGTH

*Alexander Andreev*

*postgraduate student, PetrSU,*

*Russia, Petrozavodsk*

*Работа выполнена в рамках реализации комплекса мероприятий  
Программы стратегического развития ПетрГУ на 2012—2016 гг.*

#### АННОТАЦИЯ

Цель работы: исследование особенностей применения отходов в виде опилок и стружки для изготовления древесно-цементного материала. Экспериментально установлена нелинейная зависимость прочности данного материала от гранулометрического состава отходов. Наибольшая прочность образцов в испытаниях на сжатие получена при использовании смеси 80 % опилок и 20 % стружки (по массе). Это соотношение может потребовать уточнения с учетом особенностей оборудования для деревообработки. Для конструк-

ционного материала рекомендовано преобладание опилок в смеси, для теплоизоляционного — стружки.

#### ABSTRACT

Objective: to study the specific of waste application in the form of sawdust and shavings for the manufacture of wood-cement material. The nonlinear dependence of the strength of the material on the granulometric composition of the waste established experimentally. The highest strength by compression was obtained for a mixture of 80 % sawdust and 20 % of cuttings (by weight). This ratio may require clarification in view of features of woodworking equipment. Recommended for structural material predominance sawdust, but for thermal insulation — shavings.

**Ключевые слова:** отходы деревообработки; древесно-цементный материал.

**Keywords:** wood waste; wood-cement material.

**Введение.** В данной работе рассматриваются некоторые особенности древесно-цементных материалов, которые по ГОСТ Р 54854-2011 относятся к легким бетонам на органических заполнителях растительного происхождения. В качестве заполнителя растительного происхождения далее рассматриваются отходы деревообработки в виде опилок и стружки. Под отходами понимается та часть древесного сырья, которая не попадает в основную продукцию.

На уменьшение количества отходов ориентированы многие исследования всех стадий заготовки и переработки древесины [1, 3, 4, 5, 14]. Однако проблемы уменьшения количества отходов и рационального их использования сохраняют свою актуальность [2, 13].

Опилки и стружка могут использоваться в качестве сырья для изготовления арболита и других древесно-цементных материалов. Особенности взаимодействия цемента и древесины исследованы многими авторами [6, 8, 10, 11, 13]. Предложены добавки и модификаторы древесно-цементных композиций [2, 7, 8, 11, 13]. Разработаны методы расчета, в том числе с учетом анизотропии древесно-цементных материалов [6, 9, 12, 13]. Исследовано влияние предварительной обработки опилок на прочность древесно-цементного материала [8, 15]. Однако недостаточно изучены вопросы влияния гранулометрического состава измельченной древесины как основы древесно-цементного материала на его прочность.

**Материалы и методы.** В качестве объекта исследования использованы образцы в форме куба с ребром 10 см, изготовленные



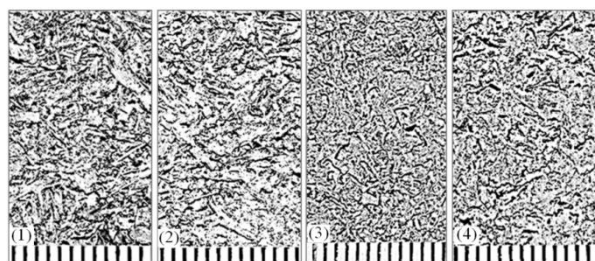
из древесно-цементной смеси и различающиеся только соотношением количества опилок и стружки. Предмет исследования — влияние количественного соотношения опилок и стружки на прочность образцов при сжатии. Были изготовлены образцы с соотношениями стружки и опилок (по массе): 1:0; 0,8:0,2; 0,5:0,5; 0,2:0,8; 0:1. Гранулометрический состав опилок и стружки определен ситовым методом, (таблица 1).

*Таблица 1.*

**Гранулометрический состав наполнителя**

Ячейка сита, мм	Опилки, %	Стружка, %
10	0,13	7,02
7	0,49	15,38
5	2,51	15,72
3	11,55	23,41
2	29,67	16,05
1	53,49	17,39
0,5	1,71	1,07
0,25	0,32	2,41
поддон	0,13	1,54
Всего:	100	100

Использовалась смесь при следующем соотношении компонентов в единицах массы: портландцемент М400 — 100, опилки и стружка — 100, жидкое стекло (натриевое, по ГОСТ 13078-81) — 15, сульфат алюминия (по ГОСТ 30515-97) — 7.



**Рисунок 1. Поверхность композита при соотношениях стружки и опилок (по массе): (1) 0.8:0.2; (2) 0.5:0.5; (3) 0.2:0.8; (4) 0:1. Цена деления линейки 1 мм**

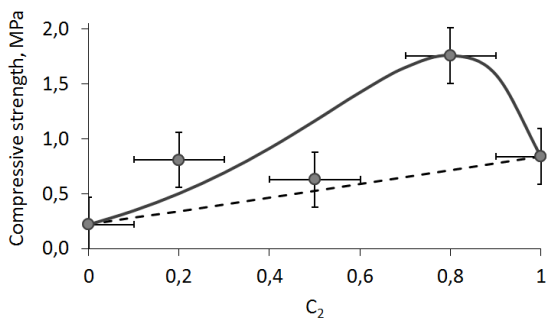


**Рисунок 2. Образец в испытательной машине**

Структура поверхности образцов показана на рисунке 1. Цена деления линейки на рис. 1 равна 1 мм. Очевидно, что наиболее однородная структура материала имеет место при соотношении опилок и стружки (по массе) 0,8:0,2. Инструментальное подтверждение различий получено при испытаниях на сжатие (рис. 2).

Образцы испытывались после набора прочности в течение 28 суток.

Обозначим  $C_1$  и  $C_2 = 1 - C_1$ , соответственно, массовую долю стружки и опилок исследуемом в композитном материале. Аналогично,  $R_1$  и  $R_2$  — прочность композита с наполнителем только в виде стружки и, соответственно, только опилок. Тогда по правилу аддитивности [10] прочность композита  $R_0 = R_1 C_1 + R_2 C_2$  (пунктир на рис. 3). В этой формуле игнорируется взаимовлияние частиц опилок и стружки, существенно различающихся по форме и размерам.



**Рисунок 3. Прочность древесно-цементного материала в зависимости от массовой доли опилок  $C_2$ . Экспериментальные данные обозначены маркерами**

**Заключение.** Таким образом, экспериментально установлен нелинейный характер зависимости прочности древесно-цементного композитного материала от гранулометрического состава смеси опилок и стружки. Наибольшая прочность образцов в испытаниях на сжатие получена при использовании смеси 80 % опилок и 20 % стружки (по массе). Однако, с учетом вариабельности свойств древесины это соотношение может потребовать уточнения с учетом особенностей деревообрабатывающего оборудования. Для конструкционного материала рекомендуется преобладание опилок в смеси, для теплоизоляционного — преобладание стружки. Разработка математической модели для прогнозирования свойств рассмотренного композитного материала требует продолжения исследований.

### Список литературы:

1. Андреев А.А. Ресурсосбережение и использование отходов заготовки и переработки древесного сырья // *Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты.* — 2014. — № 10. — С. 148—155.
2. Борков П.В., Мелконян В.Г. Эффективные строительные материалы на основе отходов деревопереработки и металлургической промышленности // *Фундаментальные исследования.* — 2014. — № 3 (часть 1). — стр. 18—21.
3. Васильев С.Б., Девятникова Л.А., Доспехова Н.А., Колесников Г.Н. Интенсификация сортировки транспортируемых роульгангом круглых лесоматериалов по критерию длины при их подготовке к измельчению на щепу // *Фундаментальные исследования.* — 2013. — № 10-2. — С. 257—260.
4. Васильев С.Б., Девятникова Л.А., Колесников Г.Н. Влияние изменения длины баланса, измельчаемого в дисковой рубительной машине, на размеры частиц древесной щепы // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета.* — 2012. — № 81. — С. 270—279.
5. Васильев С.Б., Колесников Г.Н., Никонова Ю.В., Раковская М.И. Влияние локальной жесткости корпуса корообдирочного барабана на изменение силы соударений и величину потерь древесины // *Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Серия: Естественные и технические науки.* — 2008. — № 96. — С. 84—91.
6. Запруднов В.И., Санаев В.Г. Макроскопические свойства древесно-цементных композитов // *Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник.* — 2012. — № 6 (89). — С. 168—171.

7. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Поляков С.В., Петров О.Р. Модифицирование древесно-цементных композиций комплексными добавками // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. — 2013. — № 2. — С. 13—16.
8. Наназашвили И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. Л.: Стройиздат, 1990. — 415 с.
9. Осипович Л.М. Исследование контактной зоны «цементный камень древесина» деревобетона // Известия вузов. Строительство. — 2007. — № 2. — С. 28—33.
10. Наумова Ю.А. Синергизм и синергические эффекты в технологии переработки полимеров // Вестник МИТХТ им. М.В. Ломоносова. — 2013. — Т. 8. — В. 3. — С. 76—86.
11. Пошарников Ф.В., Филичкина М.В. Анализ структуры смеси для опилкобетона на основании многофакторного планирования эксперимента // Вестник Московского государственного университета леса Лесной вестник. — 2010. — № 1. — С. 111—114.
12. Цепав В.А., Один А.И. Длительная прочность арболита с учетом анизотропии строения // Приволжский научный журнал. — 2007. — № 1. — С. 51—56.
13. Цепав В.А., Яворский А.К., Хадонова Ф.И. Легкие конструкционные бетоны на древесных заполнителях // Орджоникидзе: Ир, 1990. — 134 с.
14. Шегельман И.Р. Концепция развития технологических процессов лесозаготовок с комплексным использованием древесины // Resources and Technology. — 2001. — № 3. — С. 102—104.
15. Aigbomian E.P., Fan M. Development of wood-crete from treated sawdust // Construction and Building Materials. — 2014. — Vol. 52. — Pp. 353—360.

## **СФЕРИЧЕСКИЕ И ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ МОРСКИЕ ВОЛНЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА МОРСКИЕ СООРУЖЕНИЯ**

*Асланов Лятиф Фирудин оглы*

*канд. техн. наук, доцент,*

*Азербайджанский архитектурно-строительный университет,*

*Азербайджан, г. Баку*

*E-mail: [latif.aslanov@rambler.ru](mailto:latif.aslanov@rambler.ru)*

# CIVIL ENGINEERING, ARCHITECTURE

*Latif Aslanov*

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
of Azerbaijan Architecture and Construction University,  
Azerbaijani, Baku*

## АННОТАЦИЯ

Рассмотрены проблемы возникновения сферической и цилиндрической морской волны и влияние их на морские сооружения.

Решены уравнения сферической волны. Определены направляющие косинусы сферы и координаты любой произвольной точки на поверхности сферы. Составлены квадратичные дифференциальные уравнения перемещения  $u$  с учетом угла поворота  $\theta$  во времени  $t$  при волновом процессе и с помощью формулы Остроградского даны методы решения.

Составлены и решены цилиндрические уравнения морской волны. Назначены начальные и граничные условия, удовлетворяющие сферическим и цилиндрическим уравнениям морской волны.

## ABSTRACT

The problems of a spherical and cylindrical sea waves and their effect on marine structures.

Solved the equation of a spherical wave. Defined the scope of the direction cosines and the coordinates of any arbitrary point on the surface of the sphere. Composed quadratic differential equations  $u$  move with the steering angle  $\theta$  in time  $t$  in a wave process, and using the formula given Ostrogradskii solution methods.

Formulated and solved the equation cylindrical sea wave. Assigned to the initial and boundary conditions that satisfy the equations of spherical and cylindrical sea wave.

**Ключевые слова:** сферические и цилиндрические волны; радиус сферы и цилиндра; возмущающая сила.

**Keywords:** spherical and cylindrical waves; the radius of the sphere and cylinder; the disturbing force.

**Цель работы.** Изучить проблемы возникновения сферической и цилиндрической морской волны и их влияние на свайные фундаменты морских сооружений

### Результаты исследований.

*Сферические волны.* Волны могут иметь сферические и цилиндрические формы при возмущении. Сначала рассмотрим сферические волны. Такую волну можно описать следующим уравнением [4]:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) \quad (1)$$

Решение этого волнового уравнения будем искать таким образом, чтобы удовлетворяла начальным условиям:

$$u|_{t=0} = \theta_0(x, y, z); \quad \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \theta_1(x, y, z) \quad (2)$$

Предположим, что  $\theta_0(x, y, z)$  непрерывна со своими производными до третьего порядка, а  $\theta_1(x, y, z)$  — до второго порядка включительно относятся к пространственным задачам.

По поверхности сферы  $S_{at}$  радиуса  $r = at$  с центром в точке  $M(x, y, z)$  решение уравнения (1) выразим интегралом следующего вида:

$$u(x, y, z, t) = \frac{1}{4\pi a} \iint_D \frac{\theta_0(\xi, \eta) d\xi d\eta}{\sqrt{a^2 t^2 - (\xi - x)^2 - (\eta - y)^2}} + \frac{1}{2\pi a} d\sigma, \quad (3)$$

здесь  $\theta(\xi, \eta, \psi)$  — произвольная функция. Координаты точек сферы  $S_{at}$  могут быть выражены по формулам:

$$\xi = x + \alpha at, \eta = y + \beta at, \psi = z + \gamma_1 at,$$

где  $\alpha, \beta, \gamma_1$  — направляющие косинусы радиусов сферы  $S_{at}$ . Величины направляющих косинусов радиусов сферы имеют вид:

$$\alpha = \sin \varphi_n \cos \nu_n, \beta = \sin \varphi_n \sin \nu_n, \gamma_1 = \cos \varphi_n$$

где угол  $\varphi_n$  меняется от 0 до  $\pi$  и угол  $\nu_n$  от 0 до  $2\pi$ . Когда точка обладающая координатой  $(\xi, \eta, \psi)$ , описывает сферу  $S_{at}$ , точка  $(\alpha, \beta, \gamma_1)$  описывает сферу  $S_1$  радиусом, равным единице, с центром в начале

координат, а между соответствующими элементами площади  $d\sigma_z$  и  $d\sigma_1$  обеих сфер имеется соотношение следующего вида:

$$d\sigma_r = r^2 d\sigma_1 = a^2 t^2 d\sigma_1 = a^2 t^2 \sin \varphi_n d\varphi_n d\nu_n.$$

Тогда интеграл (3) приводится к виду:

$$u(x, y, z, t) = \frac{1}{4\pi} \iint_{S_1} \theta(x + aat, y + \beta at, z + y_1 at) d\sigma_1 \quad (4)$$

Из уравнений (4) видно, что функция  $u(x, y, z, t)$  имеет непрерывные производные до  $k$ -го порядка, если функция  $\theta(\xi, \eta, \psi)$  непрерывна вместе со своими производными до  $k$ -го порядка.

Из формулы (4) находим:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{t}{4\pi} \iint_{S_1} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) d\sigma_1$$

или, возвращаясь к первоначальной области интегрирования получим:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \frac{1}{4\pi a^2 t} \iint_{S_{at}} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) d\sigma_r \quad (5)$$

Дифференцируя теперь выражение (4) по  $t$ , получаем:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} &= \frac{1}{4\pi} \iint_{S_1} \theta(x + aat, y + \beta at, z + y_1 at) d\sigma_1 + \\ &+ \frac{at}{4\pi} \iint_{S_1} \left( a \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \beta \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + y_1 \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) d\sigma_1 \end{aligned} \quad (6)$$

Чтобы вычислить  $\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$ , перепишем (6) в виде:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u}{t} + \frac{1}{4\pi at} \iint_{S_{at}} \left( a \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \beta \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + y_1 \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) d\sigma_r.$$

и, применив формулу Остроградского, получим:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = c + \frac{1}{4\pi at} \iiint_{D_{at}} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) d\xi d\eta d\psi ,$$

где  $D_{at}$  — шар радиусом  $r = at$  с центром в точке  $M(x, y, z)$ .  
Принимая обозначение

$$I = \iiint_{D_{at}} \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) d\xi d\eta d\psi$$

будем иметь

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{u}{t} + \frac{I}{4\pi at}.$$

Дифференцируя это выражение по  $t$ , получим

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\frac{u}{t^2} + \frac{1}{\partial t} \left( \frac{u}{t} + \frac{I}{4\pi at} \right) - \frac{I}{4\pi at^2} + \frac{1}{4\pi at^2} \cdot \frac{\partial I}{\partial t} = \frac{I}{4\pi at} \cdot \frac{\partial I}{\partial t}. \quad (7)$$

Отсюда видно, что

$$\frac{\partial I}{\partial t} = a \iint_{S_{at}} \left( a \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \beta \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + \gamma_1 \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) d\sigma_r \quad (8)$$

Если переходить в интеграл  $I_K$  сферическим координатам  $(\rho_S, \nu_S, \mu_S)$  с центром в точке  $M(x, y, z)$ , тогда получим:

$$I = \int_0^{at} \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) \rho_S^2 \sin \nu_S d\nu_S d\mu_S d\rho_S.$$

Дифференцируя это выражение по  $t$ , получим

$$\begin{aligned} \frac{\partial I}{\partial t} = & a \int_0^{2\pi} \int_0^\pi \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) a^2 t^2 \cdot \\ & \sin \nu_S d\nu_S d\mu_S = a \iint_{S_{at}} \left( a \frac{\partial^2 \theta}{\partial \xi^2} + \beta \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} + \gamma_1 \frac{\partial^2 \theta}{\partial \psi^2} \right) d\sigma_r . \end{aligned}$$



Сравнивая равенства (5), (7) и (8), мы видим, что функция  $u(x, y, z, t)$ , определяемая формулой (3), удовлетворяет волновое уравнение (1), какова бы ни была функция  $\theta(\xi, \eta, \psi)$ , имеющая непрерывные производные до второго порядка. Из формул (4) и (6) следует, что функция  $u$  удовлетворяет начальным условиям

$$u|_{t=0} = 0; \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \theta(x, y, z) \quad (9)$$

Если  $u$  удовлетворяет волновое уравнение (1) начальным условиям (9), то легко увидеть, что функция

$$v(x, y, z, t) = \frac{\partial u}{\partial t},$$

будет также решением уравнения (1), удовлетворяющим начальным условиям

$$v|_{t=0} = \theta(x, y, z), \frac{\partial v}{\partial t}|_{t=0} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}|_{t=0} = a^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right)|_{t=0} = 0 \quad (10)$$

Теперь, если взять в случае начальных условий (9) за  $\theta(x, y, z)$  функцию  $\theta_1(x, y, z)$ , а в случае начальных условий (10) — функцию  $\theta_0(x, y, z)$  и сложить построенные таким образом решения, получим решение уравнения (1), удовлетворяющее начальным условиям (2).

Таким образом, решение волнового уравнения (1), удовлетворяющее начальным условиям (2), запишем в виде:

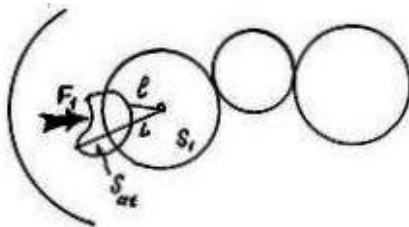
$$u(x, y, z, t) = \frac{1}{4\pi a t} \cdot \frac{\partial}{\partial t} \iint_{S_{at}} \frac{\theta_0(\xi, \eta, \psi)}{r} d\sigma_r + \frac{1}{4\pi a} \iint_{S_{at}} \frac{\theta_1(\xi, \eta, \psi)}{r} d\sigma_r \quad (11)$$

Эта формула совпадает с формулой Пуассона по решению сферического волнового уравнения.

Чтобы яснее представить распространения сферических волн в трехмерном пространстве, описываемом формулой (11), необходимо допускать, что начальная возмущающая сила сосредоточена в некоторой ограниченной области  $F_1$  с границей  $S_1$ , т. е. что функции  $\theta_0$  и  $\theta_1$  равны нулю в области  $F_1$ .

Допустим точка  $M(x, y, z)$  находится в области  $F_1[1,3]$ . Обозначим через  $l$  и  $L$  соответственно наименьшее и наибольшее расстояния от  $M$  до точек поверхности  $S_1$  (рис. 1).

При времени  $t < \frac{a}{l}$  сфера  $S_{at}$  находится вне  $F_1$ , обе функции  $\theta_0$  и  $\theta_1$  равны нулю на сфере  $S_{at}$  и из формулы (11) имеем  $u(M, t) = 0$ , т. е. начальные возмущения еще не успели дойти до точки  $M$ . В момент времени  $t = \frac{a}{l}$  сфера  $S_{at}$  коснется поверхности  $S_1$  и передний фронт волны пройдет через точку  $M$  внутри сферы  $S_1$ . Начиная с момента времени  $t = \frac{l}{a}$  до момента времени  $t = \frac{L}{a}$ , сфера  $S_{at}$  будет пересекать область  $F_1$  и формула (10) даст  $u(M, t) \neq 0$ . Наконец, при  $t > \frac{L}{a}$  сфера  $S_{at}$  не будет иметь общих точек с поверхностью  $S_1$  (вся область  $F_1$  будет лежать внутри сферы  $S_{at}$ ) и из формулы (11) будем иметь  $u(M, t) = 0$ , т. е. начальные возмущения уже прошли через точку  $M$ . Моменту времени  $t = \frac{L}{a}$  соответствует прохождение заднего фронта волны через точку  $M$ . Передний фронт волны в заданный момент времени  $t$  представляет собой поверхность, отделяющую точки, которые еще не начали колебаться, от точек, которые уже колеблются. Из этого вытекает, что все точки этой поверхности имеют кратчайшее расстояние от  $S_1$ , равное  $at$ . Передний фронт волны есть огибающая для семейства сферической волны, имеющей центр на поверхности  $S_1$  и радиус  $at$ . Задний фронт волны в заданный момент времени  $t$  представляет собой поверхность, отделяющую точки, которые еще не колеблются, от точек, в которых колебание прекратилось. Постоянная  $a$  является скоростью распространения фронта волны.



**Рисунок 1. Сферическая волна, возникающая от сосредоточенной силы, действующей на ограниченной области  $F_1$  с границей  $S_1$**

Таким образом, начальные возмущающие силы действуют в локализованном виде в пространстве, вызывая в каждой точке  $M$

пространства действие, локализованное во времени; при этом имеет место распространение волны с передним и задним фронтами волны.

Цилиндрические волны.

От возмущающих сил часто на поверхности жидкости в море возникают цилиндрические волны. В таких волновых явлениях функции  $\theta_0$  и  $\theta_1$  зависят только от  $x$  и  $y$ , т.е. сохраняют постоянное значение на всякой прямой, параллельной оси  $Oz$ . Если передвигать точку  $M(x, y, z)$  параллельно оси  $Oz$ , то правая часть формулы сферической волны (10) не будет менять своего значения, т.е. функция  $u$  также не будет зависеть от  $z$  и формула (10) даст решение уравнения:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \quad (12)$$

при начальных условиях

$$u|_{t=0} = \theta_0(x, y); \quad \frac{\partial u}{\partial t}|_{t=0} = \theta_1(x, y) \quad (13)$$

Теперь можем рассматривать решение (11), как исключительно на плоскости  $xOy$ . Для этого надо интегрировать формулу (11), которая относится к сферическим волнам, преобразовать этот интеграл по кругам на плоскости  $xOy$ . Возьмем точку  $M(x, y)$  на плоскости  $xOy$ . Точки с координатами  $(\xi, \eta, \psi)$ , определяемые по формулам:

$$\xi = x + \alpha at, \eta = y + \beta at, \psi = z + \gamma_1 at.$$

при  $z = 0$ , суть переменных точек сферы  $S_{at}$  с центром  $M(x, y, 0)$  и радиусом  $at$ . Части этой сферической волны, находящиеся над и под плоскостью  $xOy$ , проектируются на плоскость  $xOy$  в виде круга  $K_{at}$  с центром  $M(x, y)$  и радиусом  $at$ .

Известно, что

$$dK_{at} = \cos(nz) d\sigma_{at}$$

где  $n$  — направление нормали к сферической волне  $S_{at}$ , т.е. радиуса этой сферы, образующей острый угол с осью  $Oz$ . Если принимать переменную точку  $N$  на поверхности сферы,  $N_1$  — ее проекция на плоскость  $xOy$ , то

$$\cos(nz) = \frac{|NN_1|}{|MN|} = \frac{\sqrt{a^2 t^2 - (\xi - x)^2 - (\eta - y)^2}}{at},$$

где:  $(\xi, \eta)$  — координаты переменной точки круга  $K_{at}$ .

В результате преобразования формулы сферической волны (11), получим:

$$u(x, y, z, t) = \frac{1}{2\pi a} \cdot \frac{\partial}{\partial t} \iint_{K_{at}} \frac{\theta_0(\xi, \eta) d\xi d\eta}{\sqrt{a^2 t^2 - (\xi - x)^2 - (\eta - y)^2}} + \frac{1}{2\pi a} \iint_{K_{at}} \frac{\theta_1(\xi, \eta) d\xi d\eta}{\sqrt{a^2 t^2 - (\xi - x)^2 - (\eta - y)^2}} \quad (14)$$

Формула (14) даст решение цилиндрического волнового уравнения (12) удовлетворяющее начальным условиям (13).

Объяснением возникновения цилиндрической волны будет следующее. Допустим, что начальная возмущающая сила ограничивается некоторой граничной областью  $D$  на плоскости  $xOy$  с контуром  $T$ , т. е.  $\theta_0(x, y)$  и  $\theta_1(x, y)$  равны нулю вне  $D$ . Пусть точка  $M(x, y)$  лежит вне области  $D$ . Для моментов времени  $t < \frac{l}{a}$ , где  $l$  — наименьшее расстояние от  $M$  до контура  $T$ , круг  $K_{at}$  не имеет общих точек с областью  $D$ , функции  $\theta_0(x, y)$  и  $\theta_1(x, y)$  равны нулю во всем круге  $K_{at}$  и формула (14) дает  $u(x, y, t) = 0$  — до точки  $M$  возмущение еще не дошло. В момент времени  $t = \frac{l}{a}$  в точку  $M$  придет передний фронт волны. Для значений  $t > \frac{l}{a}$ , где  $L$  — наибольшее расстояние от  $M$  до контура  $T$ , круг  $K_{at}$  будет содержать внутри себя всю область  $D$  и мы получим.

$$u(x, y, t) = \frac{1}{2\pi a} \cdot \frac{\partial}{\partial t} \iint_D \frac{\theta_0(\xi, \eta) d\xi d\eta}{\sqrt{a^2 t^2 - (\xi - x)^2 - (\eta - y)^2}} + \frac{1}{2\pi a} \iint_D \frac{\theta_1(\xi, \eta) d\xi d\eta}{\sqrt{a^2 t^2 - (\xi - x)^2 - (\eta - y)^2}} \quad (15)$$

После момента времени  $t = \frac{l}{a}$  функция  $u(x, y, t)$  не обращается в нуль, как в случае трехмерного сферического пространства волны. Но ввиду присутствия члена  $a^2 t^2$  в знаменателе можно утверждать, что  $u(x, y, t) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow \infty$ . Таким образом, начальная возмущающая сила, локализованная на плоскости, не локализовано во времени создает цилиндрическую волну, которая имеет передний фронт волны, но не имеет заднего фронта. В трехмерном пространстве уравнению (13) соответствуют цилиндрические волны.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие **выводы:**

1. При возмущении моря от ветровой и другой силы могут возникать сферические и цилиндрические волны, которые влияют на устойчивость и несущую способность свайных фундаментов, как оснований морских сооружений. Большой интерес представляют составить и решить волновые уравнения этих явлений.

2. Предложены методы составления и решения дифференциальных уравнений сферической и цилиндрической волны с помощью тригонометрических функций и функций перемещения точки, принятые на поверхности сферы и цилиндра с произвольным радиусом  $r$  и углом поворота  $\theta$ . Назначены начальные и граничные условия, удовлетворяющие уравнения сферической и цилиндрической волны.

### **Список литературы:**

1. Асланов Л.Ф. Комбиниран реологически модел за описване на линейно еластично напрегнато състояние на шельфа (на болгарском яз.). Сб. с доклади II. Шеста Международна научна конференция «Архитектура, Строителство-съвременност», 30 май — 1 юни 2013 г. гр. Варна, България, — с. 159—166.
2. Асланов Л.Ф. Структура турбулентного потока волны и влияние ее на конструкции свайного фундамента морских сооружений. Вісник НТУУ «КПІ», серія «Гірництво», вип.. 23 К.: 2014. — с. 5—12.
3. Асланов Л.Ф. Расчет понтона и всплытия опорного блока при различных глубинах моря для освоения нефтегазовых месторождений. Международная научно-практическая конференция. Геленджик, Краснодарский край, 2010 г., — ст. 67—72.
4. Кошляков Н.С., Глинер Э.Б., Смирнов М.М. Уравнения в частных производных математической физики. Изд. «Высшая школа», М.: 1970. — 710 с.

## **ПРОЧНОСТЬ БЕТОНОВ АРМИРОВАННЫХ СТАЛЬНЫМИ ВОЛОКНАМИ**

*Ахмеднабиев Расул Магомедович*

*канд. техн. наук, доцент,  
Полтавский технический университет имени Юрия Кондратюка,  
Украина, г. Полтава  
E-mail: [arasul49@mail.ru](mailto:arasul49@mail.ru)*

*Гутак Ольга Игоревна*

*младший научный сотрудник,  
Полтавский технический университет имени Юрия Кондратюка,  
Украина, г. Полтава*

## **STRENGTH OF STEEL FIBER-REINFORCED CONCRETE**

*Rasul Akhmednabiev*

*Ph.D., Poltava Technical University named after Yuri Kondratyuk,  
Ukraine, Poltava*

*Olga Gutak*

*junior Researcher,  
Poltava Technical University named after Yuri Kondratyuk,  
Ukraine, Poltava*

### **АННОТАЦИЯ**

Приведены характеристики используемых материалов, методики испытания образцов дисперсно-армированного бетона, результаты испытания бетонных образцов дисперсно-армированных стальными волокнами на сжатие, изгиб и деформативность.

### **ABSTRACT**

The article consists of reference, description of materials used, methods of test samples. The results of tests on samples fibere reinforced concrete compressive and flexural strength and deformability.

**Ключевые слова:** прочность при сжатии и изгибе; стальные волокна; математическое планирование эксперимента; уравнение регрессии; поверхности влияния.

**Keywords:** compressive strength and bending strength; steel fibers; mathematical planning of the experiment; the regression equation; the influence of the surface

Человечество использовало композиционные материалы еще в древние времена [5]. Например, в Вавилоне использовали тростник для армирования глины при строительстве жилья, а древние египтяне добавляли рубленую солому в глину для кирпича. В Древней Греции железными прутьями укрепляли мраморные колонны при сооружении дворцов и храмов. В 1555—1560 годах при сооружении храма Василия Блаженного в Москве русские архитекторы использовали армированные железными полосами каменные плиты [6].

Подобные технологии существовали у многих народов. Инки использовали растительные волокна при изготовлении стеновых материалов, а английские строители добавляли в штукатурку волосы [3].

Самым известным на сегодня композитным строительным материалом, вероятнее всего, является железобетон [3].

Интерес, который сейчас проявляется к армированию бетонов волокнами (фибрами) объясняется, прежде всего, стремлением существенно повысить прочность конструктивных бетонов на растяжение, трещиностойкость и ударную вязкость, а также необходимостью создания новых эффективных, экономических решений тонкостенных конструкций.

## **1 МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В РАБОТЕ**

Матрица представляет собой мелкозернистый бетон, изготовленный с использованием портландцемента ПЦ1-500-Н, производства ОАО «Балцем» г. Балаклея, что соответствует требованиям ДСТУ Б 2.7-112-2002 [2].

Мелким заполнителем для бетонной матрицы был использован кварцевый песок с модулем крупности  $M_{кр} = 2,36$ , насыпной плотностью  $\rho_n = 1580 \text{ кг/м}^3$ . Основные характеристики песка были определены в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.7-32-95 [1].

В качестве крупного заполнителя был использован мелкозернистый гранитный щебень размерами зерен 3—5 мм. Основные характеристики щебня были определены в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.7-71-98.

Для повышения пластичности и снижения расслаиваемости бетонной смеси был использован гиперпластификатор на основе поликарбоксилатов.

Стальные волокна были получены из отработанных стальных канатов.

## 2 МЕТОДИКА ИСПЫТАНИЙ

С целью досконального изучения особенностей влияния стальных волокон на физико-механические свойства бетона, в работе была реализована трехфакторная матрица планирования эксперимента. Переменными параметрами матрицы были:  $X_1$  — длина волокна ( $l_f$ );  $X_2$  — объемное содержание ( $V_f$ );  $X_3$  — расход гиперпластификатора в процентах от массы цемента (ГП).

Условия планирования эксперимента приведены в таблице 2.1.

*Таблица 2.1.*

**Условия планирования эксперимента**

Факторы		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный вид	Кодированный вид	-1	0	+1	
Длина волокна, мм	$X_1(l_f)$	20	35	50	15
Объемное содержан., %	$X_2(V_f)$	1	2	3	1
Количество добавки, %	$X_3(\text{ГП})$	0,6	1	1,4	0,4

Параметрами отклика матрицы были: прочность при сжатии, прочность при изгибе.

Для определения прочности при сжатии были изготовлены образцы в виде кубиков со стороной 70 мм, прочность при изгибе и деформативность определялись на образцах в виде призм размерами 70 x 70 x 280 мм.

Базовый состав бетона на 1 м<sup>3</sup>: Цемент 370 кг; щебень — 915 кг; песок — 1040 кг; вода 130 кг. Прочность при сжатии базового бетона — 35 МПа.

Испытания были проведены через 28 суток после изготовления образцов.

Прочность при сжатии была определена на гидравлическом прессе максимальной мощностью 1000 кН.

Прочность при изгибе — на гидравлическом прессе максимальной мощностью 50 кН.

Деформационные характеристики при сжатии и начальный модуль упругости определялись по методике НИИЖБ [4] на призмах



размером 70x70x280 мм. Для измерения деформаций на каждой из граней образца по вертикальной оси были установлены индикаторы часового типа. Относительные деформации измерялись с погрешностью не более 0,001 %.

### **3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ**

#### **3.1 Прочность при сжатии**

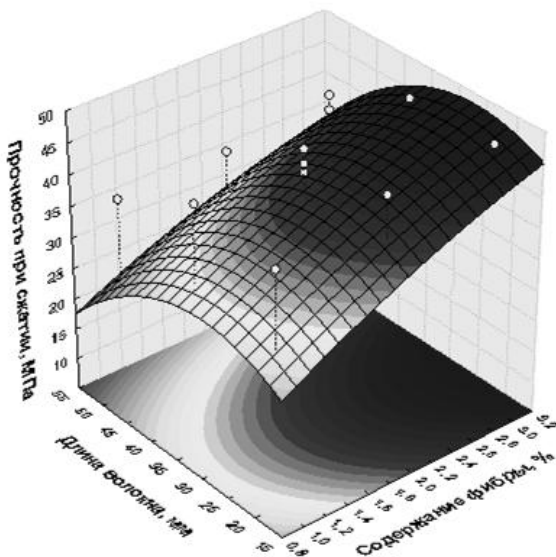
В результате обработки результатов испытаний получено уравнение регрессии зависимости прочности при сжатии от входных параметров:

$$\begin{aligned} R = & 213,529 + 14,233x_1 - 0,21x_1^2 + 199,887x_2 - 41,66x_2^2 + \\ & + 44,328x_3 + 2,562x_3^2 - 11,135x_1x_2 + 2,467x_1x_2^2 + \\ & + 0,158x_1^2x_2 - 0,035x_1^2x_2^2 - \\ & - 1,649x_1x_3 + 0,027x_1^2x_3 - 10,406x_2x_3 \end{aligned} \quad (3.1)$$

Решение данного уравнения относительно  $X_1$  и  $X_2$  дает поверхность влияния двух факторов  $l_f$  и  $V_f$  на прочность при сжатии, что показано на рисунке 3.1. Наглядно видно, что влияние длины волокна на прочность при сжатии имеет криволинейный характер, и пик значения приходится на  $l = 35$  мм. При увеличении длины волокна интенсивность повышения прочности снижается, что объясняется склонностью волокон большей длины к образованию «ежей» при приготовлении бетонной смеси.

При увеличении содержания волокна  $V_f$ , наблюдается тенденция к повышению прочности при сжатии. Очевидно, что с увеличением содержания увеличивается количество волокон, стягивающих берега микротрещин. Таким образом, замедляется процесс перерастания микротрещин в макротрещины и прочность при сжатии растет.

Увеличение длины волокна до  $l = 50$  мм при объемном содержании  $V_f = 3\%$  приводит к уменьшению значения прочности при сжатии, что является следствием неравномерности распределения волокон по объему образцов из-за образования «ежиков» при перемешивании с матрицей.



**Рисунок 3.1. Поверхность влияния длины и содержания волокна на прочность при сжатии**

Решение уравнения относительно параметра  $X_3$  показало, что содержание пластифицирующей добавки оказывает незначительное влияние на прочность при сжатии фибробетона.

### 3.2 Прочность при изгибе

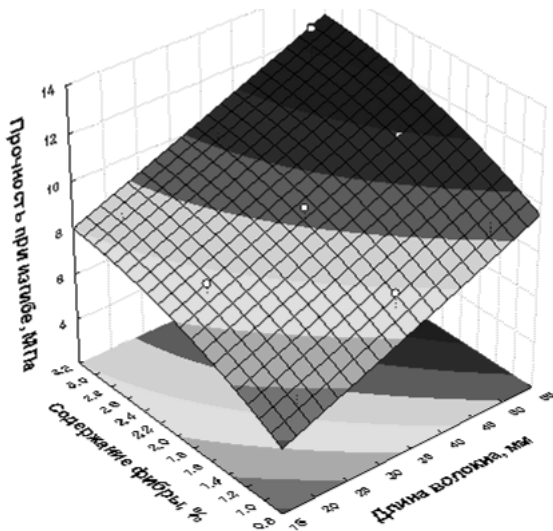
Обработка результатов испытания призм на прочность при изгибе дает следующее уравнение регрессии:

$$\begin{aligned}
 y = & 25,1410 + 1,4636x_1 - 0,0217x_1^2 + 13,0814x_2 - 1,8263x_2^2 + \\
 & + 18,7510x_3 - 6,2888x_3^2 - 0,5847x_1x_2 + 0,0626x_1x_2^2 + \\
 & + 0,0082x_1^2x_2 - 0,0007x_1^2x_2^2 - 0,4369x_1x_3 + \\
 & + 0,0077x_1^2x_3 - 0,1129x_2x_3
 \end{aligned} \quad (3.2)$$

На рисунке 3.2 приведена поверхность влияния факторов  $l_f$  и  $V_f$  на прочность при изгибе при постоянном содержании добавки ГП=1%. Изучая данную поверхность, приходим к выводу, что при их росте наблюдается тенденция к увеличению прочности

при изгибе. Максимального значения прочности при изгибе (13,12 МПа) достигают образцы при  $l_f = 50$  мм,  $V_f = 3$  %, а минимального (4,82 МПа) - при  $l_f = 20$  мм,  $V_f = 1$  %.

Решение уравнения регрессии относительно  $X_3$  показало, что содержание пластификатора имеет незначительное влияние на прочность при изгибе.



**Рисунок 3.2. Поверхность влияния  $l_f$  и  $V_f$  на прочность при изгибе**

### 3.3 Деформативность и модуль упругости

В данной работе дисперсно-армированный бетон был исследован на деформативность при сжатии, которые определялись на образцах — призмах с объемным содержанием  $V_f = 3$  % и  $l_f = 50$  мм. Для сравнения были испытаны образцы без содержания волокна.

Испытание образцов показало, что деформативность дисперсно-армированного бетона меньше деформативности неармированного бетона в среднем на 46 %. Это явление вполне описывается теорией композитных материалов.

Изменение деформаций с введением волокон ведет за собой изменение модуля упругости. Результаты расчетов модуля упругости показали:

- неармированный бетон,  $E = 33325$  МПа ;
- дисперсно-армированный бетон,  $E = 60075$  МПа.

## **Выводы**

1. Увеличение длины волокон приводит к снижению эффекта роста прочности дисперсно-армированного бетона в результате снижения однородности смеси. Эффективным, в рамках эксперимента, оказалась длина волокна 35 мм.

2. Рост количества волокон в смеси приводит к образованию «ежей» и снижению однородности смеси, как следствие снижению эффекта упрочнения бетона. Наиболее эффективным в рамках эксперимента является содержание волокна 2,0 ... 2,5 %.

3. С введением стальных волокон в бетонную смесь деформативность бетона снижается, как следствие увеличивается модуль упругости.

## **Список литературы:**

1. ДСТУ Б.В.2.7-32-95. Песок плотный природный для строительных материалов, изделий, конструкций и работ.
2. ДСТУ Б В. 2.7-112-2002. Цементы. Общие технические условия.
3. Кербер М.Л. Композиционные материалы. Соросовский Образовательный Журнал. 1999, № 5.
4. НИИЖБ. Методические рекомендации по определению прочностных и структурных характеристик бетонов при кратковременном и длительном нагружении. Р-10-76. М., 1976.
5. Фудзии Т., Дзако М. Механика разрушения композитов. М.: Мир, 1982, — с. 232.
6. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://c-a-m.narod.ru/wpc/composite.html>.

## **АРХИТЕКТУРНЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ МАЛЫХ ГОСТИНИЦ НА ТЕРРИТОРИИ БОЛЬШОГО СОЧИ**

***Трухачёва Галина Александровна***

*канд. архитектуры, профессор кафедры Архитектуры жилых  
и общественных зданий Академии Архитектуры и Искусств  
Южного Федерального Университета,  
РФ, г. Ростов-на-Дону  
E-mail: [tunga-71@mail.ru](mailto:tunga-71@mail.ru)*

***Шапиро Григорий Ефимович***

*бакалавр архитектуры, магистрант кафедры Архитектуры жилых  
и общественных зданий Академии Архитектуры и Искусств  
Южного Федерального Университета,  
РФ, г. Ростов-на-Дону  
E-mail: [shapirogr@mail.ru](mailto:shapirogr@mail.ru)*

## **ARCHITECTURAL ASPECTS OF THE SMALL HOTELS IN SOCHI**

***Trukhacheva Galina***

*candidate of Architecture, Professor, Department of Architecture  
of residential and public buildings  
of the Academy of Architecture and Arts of Southern Federal University,  
Russia, Rostov-on-Don*

***Shapiro Gregory***

*bachelor of Architecture, Master of Architecture, Department  
of Architecture of residential and public buildings  
of the Academy of Architecture and Arts of Southern Federal University,  
Russia, Rostov-on-Don*

### **АННОТАЦИЯ**

Задача данного исследования заключается в выявлении архитектурно-планировочных особенностей организации малых гостиниц на территории г. Сочи.

В процессе исследовательской работы была изучена соответствующая литература, проведено анкетирование, рассмотрен существующий графический материал.

В результате исследования были составлены основные типологические принципы, предложены различные варианты архитектурно-планировочных решений в зависимости от градостроительной ситуации, даны рекомендации.

#### ABSTRACT

The main purpose of this research is the identifying of architectural features of the compact hotels in Sochi.

During the studying we overlooked the special literature, debriefed the citizens, explored the graphic materials.

As a result, we constructed the main typological principles and suggested different options of architectural models of the compact hotels depending on urban planning situation.

**Ключевые слова:** малые гостиницы; туризм; архитектура; типология.

**Keywords:** small hotels; tourism; architecture; typology.

Природно-ресурсный потенциал Сочинского региона явился основным фактором развития санаторно-курортной деятельности. Основу составляет совокупность рекреационных и лечебных ресурсов: климатических условий, запасов бальнеологических и лечебно-питьевых минеральных вод, морской акватории, рельефа и других. К основным видам туризма относятся оздоровительный отдых и отдых на море. Гораздо меньший процент составляет деловой и спортивный туризм. Основная доля объектов размещения приходится на крупные комплексы отдыха (санатории, профилактории, гостиничные комплексы большой вместимости). Однако согласно данным Федерального департамента статистики наибольший процент отдыхающих составляют семьи с детьми и молодые семьи со средним уровнем дохода, для которых наиболее приемлемым видом объектов размещения являются малые гостиницы (до 100 мест), предлагающие более низкие цены за размещение в зависимости от типа обслуживания [3].

Каждой зоне города соответствует свой комплекс ресурсов, определяющих вид предоставляемых туристических услуг. К ним относятся: *центральный район, представленный плотной городской застройкой, прибрежная рекреационная зона и зона горной местности.* Каждая зона предполагает свою градостроительную

ситуацию, транспортную инфраструктуру, номенклатуру помещений общественного назначения.

**1. Центральный район.** Представлен в большей степени общественно-деловыми зонами. *Контингент туристов: люди среднего и младше возраста, приезжающие в одиночку, либо малочисленными группами с целью делового и бизнес-туризма, визиты как правило краткосрочны, однако всесезонны, что делает организацию подобных гостиниц — рентабельным бизнесом.* Сегмент малых гостиниц выбирается в связи с меньшей стоимостью проживания за счет ограниченного спектра предоставляемых услуг: питание, трансфер, экскурсионное обслуживание, осуществляемых либо самими хозяевами, *не проживающими на постоянной основе* в здании гостиницы, либо немногочисленным наемным персоналом. При этом отсутствие необходимых деловому туристу услуг конференц-залов и конгресс-центров возможно восполнить за счет эпизодического использования на базе крупных гостиничных комплексов, которыми насыщена данная часть города.

Проектирование в Центральном районе предполагает определенную специфику участков под застройку: малая площадь, стесненность соседствующими зданиями, сложность организации транспортной инфраструктуры. Возможны следующие типы в зависимости от расположения в городской застройке:

1.1. по периметру квартала: как здание-вставка, примыкающее с двух сторон к существующим зданиям и на углу квартала, как здание-доминанта, примыкающее с двух или одной стороны к существующей застройке;

1.2. в глубине квартала с различными вариантами примыкания;

1.3. отдельно стоящими зданиями.

В связи с недостатком свободных площадей в данной зоне города и невозможностью организации открытых автопарковок и полноценных открытых площадок рекомендуется проектировать здание с небольшим отступом от красной линии для организации карманов для временной стоянки, автопарковки проектировать в подземном этаже. Кроме того наиболее рациональным решением является трёхчастное деление здания по вертикали: подземный этаж с автопарковкой, широкий первый этаж с эксплуатируемой кровлей с возможностью организации на ней открытых озеленённых пространств, более узкая жилая часть. Данное объёмно-планировочное решение компенсирует градостроительные недостатки общественно-деловой зоны города, связанные с недостатком озеленения и свободных территорий. Кроме того инфраструктура предприятий общественного

питания в данной зоне города, рассчитанная на его жителей не позволяет обслужить постояльцев гостиницы, что диктует необходимость их размещения внутри здания. Таким образом, требуется проектирование проездов и разворотных площадок для загрузки-разгрузки пищеблоков и обслуживания хозяйственной зоны, расположенной в дворовой и общественной части здания.

**2. Горная местность.** Благодаря географическому расположению и природно-климатическим условиям, начиная с середины XX в. г. Сочи развивался не только как морской и бальнеологический курорт, но и как **туристско-спортивный горноклиматический центр**. Быстрыми темпами осваивались горные местности Большого Сочи.

Для предприятий временного размещения туристов в данной зоне характерны следующие услуги:

1. **Горно-спортивные услуги**, непосредственно связанные с использованием основного ресурса местности — гор. Особенность данных услуг — сезонность, т. к. для их оказания требуется снежные покровы.

2. **Туристско-спортивные услуги**, связанные с использованием других природно-климатических ресурсов: климата, рельефа местности, рек, высоты над уровнем моря. Здесь возможно оказание таких услуг, как: спелеотуризм, скалолазание, рыбалка, катание на лошадях и т. п. Для туристов приезжающих с целью занятия горными видами спорта данные услуги являются второстепенными, а для определенного контингента отдыхающих (начинающие, любители) они могут стать основным преимуществом курорта.

3. **Рекреационные услуги**, несвязанные непосредственно с местными горноклиматическими ресурсами, но создающие дополнительные оздоравливающие и релаксирующие услуги — пешие прогулки, бассейн, лечебные ванны, косметические услуги и т. д. Возможно совмещение туристско-спортивной и рекреационной услуг.

4. **Культурно-познавательные услуги**, использующие такие ресурсы, как исторические и природно-климатические памятники курорта. В рамках этой группы услуг развиваются экскурсии, выставки, музеи, походы.

Следует отметить, что кроме первой группы остальные услуги являются внесезонными, что подчеркивает важность их развития.

Однако, несмотря на то, что достаточно большая по площади территория Сочи обладает сложным рельефом и привлекательными климатическими характеристиками, только туристическая зона п. Красная Поляна может развиваться как Туристско-спортивный



горноклиматический курорт со всем вышеперечисленным спектром оказываемых услуг.

При проектировании необходимо учитывать специфику местности: участки со сложным рельефом, удалены от городского центра и зачастую — от основных транспортных магистралей. Следовательно, весь спектр обслуживания (питание, парковка, досуг, услуги трансфера, экскурсионное обслуживание, прокат автомобилей, медицинское обслуживание, рекреационные и SPA-услуги) необходимо проектировать на базе гостиницы. *Осуществление услуг происходит частично за счет постоянно проживающих на территории гостиницы хозяев (гостиницы данного типа функционируют круглогодично), частично — за счет наемного персонала, который также может проживать в гостинице в период максимальной загрузки.*

В связи с тем, что территория гостиницы должна быть максимально использована в рекреационных целях, автопарковку для отдыхающих целесообразно располагать в складках рельефа, либо в подземном этаже. Рекомендуется максимально сохранять рельеф местности, минимизируя земляные работы, что позволит сохранить сложившуюся экосистему и природный ландшафт. Номера следует ориентировать в сторону моря на южную и юго-восточную стороны для обеспечения необходимой инсоляции и обеспечения живописного вида из номера. В номерах рекомендуется проектировать летние помещения (лоджии и террасы), при необходимости обустроенные системой солнцезащиты [2, 4].

*Основным контингентом туристов, предпочитающих отдых в подобной местности являются отдыхающие среднего и старшего возраста с уровнем дохода выше среднего.* В связи с этим вместимость гостиницы - минимальная, что диктует необходимость создания условий приватности. Целесообразно проектировать гостиницу **павильонного типа**: жилую и общественную функции размещают в отдельно стоящих корпусах, которые возможно связывать переходными галереями, связанными планировочно с горизонтальными коммуникациями корпусов. Это создаст более сложную и интересную объёмно-пространственную композицию здания.

Рельеф местности имеет уклон в сторону моря (на юг, юго-восток, юго-запад), на которую рекомендуется ориентировать номера. Соответственно горизонтальные коммуникации (коридоры и галереи) ориентированы на противоположную сторону, где рельеф повышается. В этих случаях возможно организовать переходы в виде небольших мостов с участка на местности на соответствующий его отметке этаж

с образованием «провала» между зданием и склоном, который может быть использован для организации парковок и озеленения. (Рис. 1).

При определении образного решения гостиницы в горной местности необходимо учитывать геоморфологию местности, что позволит создать своеобразную ассоциативную связь с рельефом. Например, конфигурация здания в плане может повторять очертания горизонталей, что не только придаст своеобразный пластичный образ, но и минимизирует земляные работы. Каждый корпус может быть расположен на своей отметке, что будет повторять уклон местности и создаст ощущение «текучести» формы, при этом объединяющая переходная галерея выносится в отдельный консольный объём, что исключит опасность возникновения ощущения «раздробленности» композиции.

В связи с удаленности гостиницы от городского центра необходимо обеспечить автономность здания за счет использования таких типов энергии, как солнечная, геотермальная, ветровая, биотопливная. Это может быть достигнуто использованием солнечных батарей на кровлях, аккумуляторов тепловой энергии земли, специальных «свай — энергетических сборников», земляных труб.

Необходимо свести к минимуму негативное влияние на уникальные и уязвимые природные ресурсы территорий: максимально снизить плотность застройки, сохранить рельеф местности, сводя к минимуму земляные работы, использовать нетрадиционные источники энергии [1, 2].

**3 Рекреационные прибрежные зоны.** Характерны 2 основных типа: *малые гостиницы на свободных территориях вдоль побережья и приобъектные гостиницы, построенные на территории существующих комплексов отдыха.*

### **3.1. Малые гостиницы на свободных территориях вдоль побережья**

Подобные территории как правило расположены вдали от предприятий обслуживания, вблизи железнодорожного полотна и примыкают к крутым склонам, что является характерной ситуацией для прибрежных зон Черноморского побережья. Это диктует следующие требования к объёмно-планировочным решениям: организация подъездов к зданиям гостиниц через железнодорожные пути, парковочных мест для отдыхающих и служебного транспорта. Близость железной дороги определяет необходимость применения шумозащиты: ориентация на неблагоприятную сторону автопарковки с звукопоглощающим покрытием наружной стены, озелененной кровлей, шумозащитным экраном. Окна номеров, летние помещения

и площадки желательны ориентировать в сторону моря. Необходима организация благоустроенного рекреационного пляжа с зонами соляриев и аэрариев, волнозащитой, спортивными площадками и озеленением с выходом непосредственно с отметки комплекса (рис. 2).

*Основным контингентом отдыхающих, пользующихся услугами отелей в данной местности являются семьи с детьми, что определяет их тип как одно-двухзвездочный отель малой вместимости с ограниченной номенклатурой услуг, с проживанием хозяев в корпусе гостиницы и на постоянной основе в период сезона (гостиница данного типа функционирует только в период купального сезона).* Номенклатура обслуживания сводится к предоставлению питания с обеспечением зоны для самостоятельного приготовления пищи (для семей с детьми), развлечением за счет организации летних спортивных площадок, предоставлением парковочных мест, необходимым для экстренных случаев медицинским обслуживанием.

В связи с сезонностью эксплуатации целесообразно применение смешанной конструктивной схемы: основа — монолитная железобетонная платформа, поднятая выше уровня земли, металлический каркас и облегченные деревянные панели (готовые модули для номеров). Применение готовых модулей позволяет сократить количество типов номеров до 3 при возможной вариативности композиционного решения облика здания. Кроме того, данная схема для удобства проектирования, строительства и дальнейшей трансформации объекта позволяет применить модульную сетку необходимого шага. Таким образом, это позволит максимально продуктивно использовать территорию под застройку при сокращении затрат на строительство.

### **3.2. Приобъектные малые гостиницы.**

Тип приобъектных гостиниц стал актуальным для Сочинского региона в последнее десятилетие в связи с нерентабельностью некоторых крупных комплексов отдыха и неэффективным использованием ими своей территории. В данном случае возможен взаимовыгодный синтез 2 предприятий разного типа собственности.

Для Сочинского региона выделяются следующие типы комплексов отдыха: начало XX в. — 30 гг. — 50—80 гг. — 90—00 гг.

центр города периферии периферии

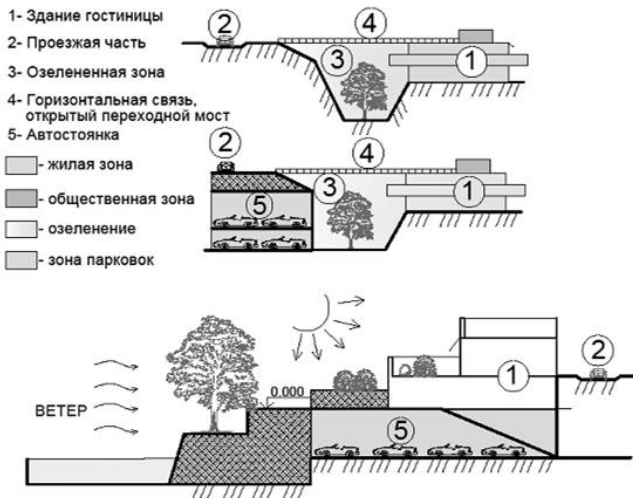
Для каждого типа характерны различная степень развитости номерного фонда и общественных функций. Проектируемая приобъектная гостиница не предусматривает в своем объеме никаких предприятий обслуживания, предоставляя своим постояльцам услуги комплекса отдыха. При этом отдыхающему предоставлена свобода

выбора услуг при меньшей цене за номер. Однако необходимо учитывать большую стоимость номеров по сравнению с предыдущими типами отелей (за счет арендной платы малой гостиницы за землю, коммуникации и услуги). *Контингент отдыхающих: семьи с детьми, люди среднего и старшего возраста, приезжающие в одиночку, приехавшие с целью лечебного и рекреационного туризма, что делает гостиницу всепогодной.*

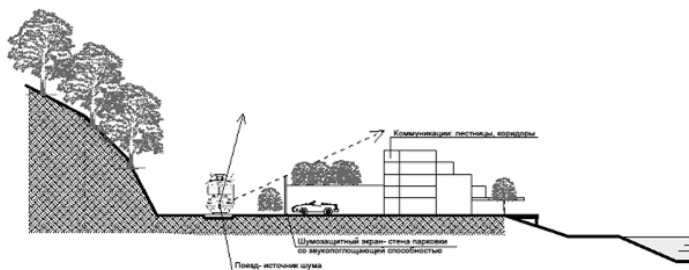
За счет определенных договоренностей (отель получает право пользования уже готовой инфраструктурой, комплекс — взимает арендную плату и увеличивает диапазон действия своего обслуживаемого комплекса) достигается взаимовыгодный синтез.

В определении образного решения необходимо придерживаться концепции **максимальной «вписанности»** проектируемого объема малой гостиницы в существующий ансамбль гостиничного комплекса, что достигается сомасштабностью основных объемов, копированием отдельных элементов фасадов, сохранением существующих ритмов и метров, органичному дополнению сложившегося силуэта, максимальным сохранением существующего природного ландшафта.

Предложенные новые типы малых гостиниц, которые в сложившейся ситуации на рынке туристических услуг дополняют сложившуюся инфраструктуру предприятий для проживания отдыхающих, позволят обеспечить различные слои населения с разным уровнем дохода комфортными условиями проживания и обслуживающей инфраструктурой, обеспечат малоэффективным крупным комплексам отдыха дополнительную прибыль.



**Рисунок 1. Схема расположения малой гостиницы в горной местности**



**Рисунок 2. Схема расположения гостиницы вдоль побережья**

### Список литературы:

1. Лаззреску Ч. Постройка отелей. Сокр. Пер. с рум. М.: Стройиздат, 1976. — 198 с.
2. Лобанов Ю.Н. Отдых и архитектура: Будущее и настоящее. Л.: Стройиздат. Ленингр. Отд-ние, 1982 — 200 с.
3. Лойко О.Т. «Туризм и гостиничное хозяйство». Учебное пособие. — Томск: Издательство ТПУ, 2005. — 152 с.
4. Ольхова А.П. «Гостиницы: архитектору-проектировщику». М., 1983. — 150 с.

## **СЕКЦИЯ 7.**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

#### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ И ИЗУЧЕНИЕ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ РЫБНЫХ КУЛИНАРНЫХ ИЗДЕЛИЙ С РАСТИТЕЛЬНЫМ СЫРЬЕМ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА**

***Бражная Инна Эдуардовна***

*канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры технологий  
пищевых производств,*

*ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»,  
РФ, г. Мурманск*

*E-mail: [brain67@mail.ru](mailto:brain67@mail.ru)*

***Недашковская Александра Юрьевна***

*магистрант очной формы обучения,*

*ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»,  
РФ, г. Мурманск*

***Быкова Анна Евгеньевна***

*аспирант заочной формы обучения*

*ФГБОУ ВПО «Мурманский государственный технический университет»,  
РФ, г. Мурманск*

**TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT COOKING  
MODE STUDY AND SHELF LIFE FISH CULINARY  
PRODUCTS PLANT RAW MATERIAL  
KOLA PENINSULA**

***Brazhnaya Inna***

*associate professor, professor of food production technologies,  
"Murmansk State Technical University",  
Russia, Murmansk*

***Nedashkovskaya Alexandra***

*undergraduate full-time tuition, "Murmansk State Technical University"  
Russia, Murmansk*

***Bykova Anna***

*graduate student correspondence courses,  
"Murmansk State Technical University",  
Russia, Murmansk*

**АННОТАЦИЯ**

В работе приведены исследования потребительских предпочтений, результаты исследования тепловых режимов, сроки хранения замороженных многокомпонентных кулинарных изделий из рыбы и дикорастущего пищевого сырья Кольского полуострова, проведена оптимизация рецептур. Используются стандартные методы определения органолептических, микробиологических показателей, показатель «усилие реза» (Куранова, 2007). Исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории МГТУ на приборе гелометр "ФудЧекер" P-1180 PAT, (Япония). Для оптимизации рецептур использован симплекс-метод программ MS Excel.

**ABSTRACT**

The paper presents the study of consumer preferences, the results of thermal conditions, the shelf life of frozen multicomponent food products from fish and wild food raw materials of the Kola Peninsula, the optimization formulations. The standard methods for determination of organoleptic, microbiological indicators, the indicator "cutting force" (Kuranova, 2007). Research was conducted in a research laboratory at the Bauman device gelometr "FudCheker" P -1180 PAT (Japan). To optimize the formulations used simplex method programs MS Excel.

**Ключевые слова:** многокомпонентные рыбные кулинарные изделия; дикорастущее пищевое сырье Кольского полуострова; потребительские предпочтения, тепловые режимы; сроки хранения; органолептические и микробиологические показатели; показатель «усилие реза»; оптимизация рецептур.

**Keywords:** multi fish culinary products; wild food raw materials of the Kola Peninsula, consumer preferences, thermal regimes, periods of storage; organoleptic and microbiological parameters; indicator «cutting force»; optimization formulations.

При современном ритме жизни спрос на продукты быстрого приготовления растет высокими темпами. Замороженные готовые блюда, помогающие существенно сократить время, затрачиваемое на приготовление пищи, пользуются особой популярностью. Особенностью российского рынка замороженных готовых блюд является использование натуральных продуктов (без консервантов, вредных жиров, красителей, ГМО-компонентов и т. д.). В настоящее время ассортимент замороженных готовых рыбных блюд и полуфабрикатов значительно расширился. В ходе работы было определено, что 75 % из опрошенных респондентов к замороженным готовым блюдам относятся положительно, аргументируя это удобством приготовления и хранения таких блюд, а так же возможностью значительно сэкономить время. Покупают замороженные готовые блюда чаще 1 раза в неделю около 46 % респондентов, 31 % — 1 раз в неделю, 15 % — 1 раз в 2 недели, 8 % — не чаще 1 раза в месяц. Замороженные блюда из рыбного сырья и морепродуктов приобретают 62 % всех опрошенных, у остальных 38 % данный вид продукции не пользуется популярностью в связи с тем, что они предпочитают мясные продукты рыбным или сомневаются в должном качестве такой продукции. Около 54 % всех опрошенных предпочитают отовариваться в крупных сетевых супермаркетах, 23 % делают это в продуктовых магазинах и специализированных павильонах, а для остальных респондентов это не имеет большого значения. При выборе готовых замороженных блюд мурманчане обращают особое внимание на дату изготовления, срок годности продукта и на состав продукции, так ответили 63 % всех опрошенных, на торговую марку обращают внимание 38 % респондентов, а для 23 % — определяющим фактором является цена. На упаковку обращают внимание всего 8 % опрошенных, при этом для 54 % — вид упаковки не имеет принципиального значения, 31 % — предпочитает приобретать продукцию в вакуумной упаковке. Среди торговых марок наибольшей популярностью у жителей



Мурманска пользуются местные торговые марки — «Мелифаро», «Кружка», «Фабрика вкуса», а также «Сытоедов», «Морозко», «Галосто».

В ходе работы были разработаны технологические схемы производства закуски «Кальмар фаршированный» с использованием фарша сайки и дикорастущего сырья Кольского полуострова, которые возможно использовать при промышленном производстве кулинарных изделий. В качестве объекта для фарширования использовали кальмар бланшированный полуфабрикат. При разработке схем основывались на традиционные технологические схемы. В состав блюда входит кальмар, консистенция которого напрямую зависит от жесткости теплового режима установки и количества воздействий, поэтому необходимо было установить такой тепловой режим обработки кальмара, который после размораживания и доведения до температуры подачи кулинарных изделий позволил бы сохранить нежную консистенцию кальмарового кольца. Результаты исследований по определению режима кратковременной тепловой обработки кальмара фаршированного, необходимый для достижения требуемой консистенции и органолептических показателей готовой продукции, представлены в таблице 1.

*Таблица 1.*

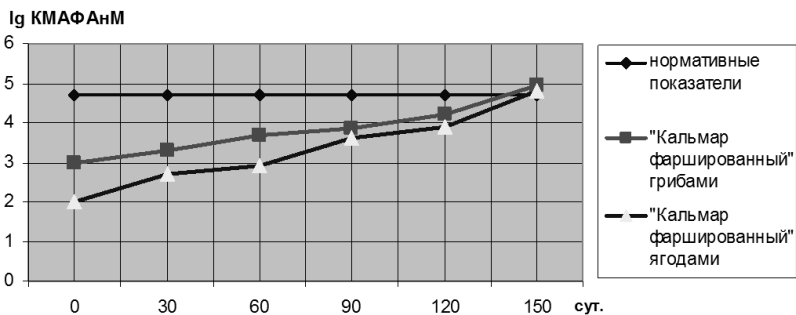
**Тепловые режимы**

<b>№ режима</b>	<b>Температура, °С</b>	<b>Время воздействия, мин.</b>	<b>Усилие реза, г</b>	<b>Органолептические показатели</b>
1	100	10	772	Кальмаровое кольцо нежное, хорошо разжевывается, начинка нежная, сочная. Ощущается вкус сырой брусники.
2	120	8	850	Кальмаровое кольцо нежное, хорошо разжевывается, сыр расплавлен, начинка хорошо удерживается внутри кольца. Хорошо ощущается вкус брусники после тепловой обработки, ягоды сохранили свою форму.
3	140	7	996	Кальмаровое кольцо стало более жестким, разжевывается хуже, начинка стала менее сочной, удерживается внутри кольца хорошо за счет расплавленного сыра. Хорошо ощущается вкус брусники после тепловой обработки, ягоды сохранили свою форму.

4	160	6	1010	Кальмаровое кольцо жесткое, плохо разжевывается, начинка сухая, ягоды брусники потеряли целостность оболочки, расплавленный сыр потерял нежную текстуру
---	-----	---	------	---

Исходя из полученных результатов, принято решение применять тепловой режим № 2, который позволяет сохранить усилие реза в интервале от 800 до 900 г. При этом кальмаровое кольцо остается нежным и хорошо разжевывается, начинка нежная, сочная и плотно удерживается внутри кольца за счет расплавленного сыра. Данный режим кратковременной тепловой обработки подходит и для кальмара фаршированного с добавлением дикорастущих грибов Кольского полуострова. Далее готовая продукция направляется на вакуумирование и замораживание. В процессе работы были проведены микробиологические исследования замороженной продукции в вакуумной упаковке. Продукт был заморожен шоковым способом. Замороженный продукт можно отнести к пункту 1.3.3.9 СанПин 2.3.2.1078-01. Для скоропортящихся продуктов, согласно МУК 4.2.1847-04 «Санитарно-эпидемиологическая оценка обоснования сроков годности и условий хранения пищевых продуктов», при сроках годности свыше 30 суток установленный коэффициент резерва составляет 1,2. Предполагаемый срок хранения мороженого полуфабриката блюда «Кальмар фаршированный», замороженного шоковым способом, составляет 4 месяца, следовательно, срок исследований должен составлять не менее 5 месяцев (150 суток). Результаты микробиологических исследований по показателям безопасности мороженого полуфабриката блюда при температуре хранения минус 18 °С приведены на рисунке 1. К 120 суткам хранения показатель КМАФАнМ не превышает предельно допустимого значения по СанПиН 2.3.2.1078-01, п. 1.3.3.9.

Все остальные микробиологические показатели также удовлетворяют требованиям нормативной документации. По органолептическим показателям продукция после размораживания имела приятный вкус, аромат, плотную консистенцию. Средний балл дегустационной оценки составил 3,8 балла. Таким образом, срок годности разработанных рыборастительных кулинарных изделий в вакуумной упаковке, замороженных шоковым способом, составит 120 суток с учетом коэффициента резерва 1,2 согласно МУК 4.2.1847-04.



**Рисунок 1. Динамика КМАФАнМ изделий в вакуумной упаковке при температуре минус 18 °С**

При оптимизации рецептур был использован симплекс-метод прикладных программ MS Excel. Расчет рецептур проводился по критерию минимальной себестоимости. По итогам постановки математической задачи целевые функции имели вид:

$$154 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 450 \cdot x_3 + 20 \cdot x_4 + 50 \cdot x_5 + 100 \cdot x_6 + 212 \cdot x_7 + 15 \cdot x_8 = \min;$$

$$154 \cdot x_1 + 20 \cdot x_2 + 278,9 \cdot x_3 + 212 \cdot x_4 + 250 \cdot x_5 + 300 \cdot x_6 + 15 \cdot x_7 = \min.$$

Результаты представлены в таблицах 2 и 3.

**Таблица 2.**

**Результаты оптимизации рецептуры с использованием дикорастущего сырья Кольского полуострова (грибов)**

Наименование компонентов	Оптимизированная рецептура	Исходная рецептура
Кальмар мороженый	40,5	40,5
Сайка н/р мороженая	46	45,4
Грибы замороженные	32,5	37,8
Лук репчатый	5,7	5
Кулинарный жир	2,7	2,7
Майонез «Провансаль»	4,6	4,1
Сыр «Российский»	17,6	14,1
Соль поваренная пищевая	1,4	1,4
Масса сырьевого набора	151,0	151,0
Стоимость на 100 кг, руб.	26242,5	27809,5

*Таблица 3.*

**Результаты оптимизации рецептуры с использованием дикорастущего сырья Кольского полуострова (ягод брусники)**

<b>Наименование компонентов</b>	<b>Оптимизированная рецептура</b>	<b>Исходная рецептура</b>
Кальмар мороженный	46,7	46,7
Сайка н/р мороженая	62,0	58,3
Брусника	23,3	23,3
Сыр «Российский»	12,3	15
Масло слив.	6,7	6,7
Укроп св.	2,3	3,3
Соль поваренная пищевая	1,4	1,4
Масса сырьевого набора	154,8	154,8
Стоимость на 100 кг, руб.	19924,2	20722,6

В ходе исследования было установлено, что рецептуры блюд, разработанные с учетом органолептических и реологических показателей, практически не отличаются от оптимизированных по критерию минимальной себестоимости.

В ходе работы получено маркетинговое подтверждение целесообразности разработки новых замороженных кулинарных изделий. Рынок замороженных кулинарных изделий из рыбного сырья и морепродуктов в Мурманской области имеет перспективы развития, так как этот сегмент рынка интересен для потребителя. Разработаны и научно обоснованы тепловые режимы обработки новых рыбоборастительных кулинарных изделий «Кальмар фаршированный». Кратковременная тепловая обработка продукции на основании реологических исследований должна проходить при температуре 120 °С в течении 8 минут. При этом кальмаровое кольцо остается нежным и хорошо разжевывается, начинка нежная, сочная и плотно удерживается внутри кольца за счет расплавленного сыра. Установлены сроки годности готовой продукции на основании изучения изменения микробиологических показателей в процессе хранения. Проведена оптимизация рецептур готовой кулинарной продукции по стоимости компонентов.

**Список литературы:**

1. Бражная И.Э. Использование дикорастущего сырья Кольского полуострова в технологии замороженных рыбных блюд / И.Э. Бражная, А.Е. Быкова, С.Н. Судак, Б.Н. Семенов // Вестник МГТУ: труды Мурман. гос. техн. ун-та. Мурманск, — 2012. — Т. 15, — № 1. — С. 7—10.

2. Быкова А.Е. Технология замороженных полуфабрикатов и готовых блюд с использованием малорентабельных объектов промысла Северного бассейна и дикорастущего сырья Кольского полуострова / А.Е. Быкова, И.Э. Бражная // Рыбное хозяйство. — 2011. — № 6. — С. 99—100.
3. Быкова А.Е. Разработка технологии замороженных полуфабрикатов и готовых блюд из малорентабельных объектов промысла Северного бассейна и дикорастущего сырья Кольского полуострова / А.Е. Быкова, И.Э. Бражная, С.Н. Судак // Состояние и перспективы развития рыбной промышленности Северного бассейна : материалы III науч.-практ. конф., Мурманск, 17—18 ноября 2011 г. Мурманск, 2011. — С. 95—96.
4. Григоренко С.Н. Рыборастительные фарши как многофункциональные продукты питания / С.Н. Григоренко, Т. Эксузьян // Изв. вузов. Пищевая технология. — 2004. — № 2/3. — С. 126—127.
5. Об утверждении Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года : распоряжение Правительства Рос. Федерации от 17 апр. 2012 г. № 559-р // Собр. законодательства Рос. Федерации. — 2012. — № 18. — Ст. 2246.
6. Толпыгина И.Н. Разработка продуктов на основе рыбных фаршей для функционального питания: Автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Толпыгина Ирина Николаевна; [Воронеж. гос. технол. акад.]. Воронеж, 2002. — 20 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ И САХАРОВ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ НАТУРАЛЬНОСТИ МАНДАРИНОВЫХ СОКОВ**

*Нижарадзе Этери Шотаевна*

*канд. техн. наук, ассоц. проф.*

*Батумского Государственного Университета Шота Руставели,*

*Грузия, г. Батуми*

*E-mail: [eteri.nijaradze@yandex.com](mailto:eteri.nijaradze@yandex.com)*

# RESEARCH ABOUT ORGANIC ACIDS AND SUGARS FOR ESTABLISHING NATURALITY OF TANGERINE JUICE

*Nijaradze Eteri*

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor  
of Shota Rustaveli State University,  
Georgia, Batumi*

## АННОТАЦИЯ

Проведены хроматографические исследования органических кислот и сахаров мандариновых соков. Установлено, что хроматографический анализ кислотного комплекса мандариновых соков наиболее эффективен лишь в том случае, если нарушение натуральности производится виннокаменной либо другой, не лимонной кислотой, либо соками семечковых плодов, содержащих винную или яблочную кислоту.

## ABSTRACT

Chromatographic studies conducted organic acids and sugars tangerine juice. It has been established that the chromatographic analysis acid complex tangerine juice is most effective only if the violation naturalness produced tartaric or another without citric acid or pome fruit juices containing malic acid or tartaric.

**Ключевые слова:** натуральность; фальсификация; мандариновый сок; органические кислоты; глюкоза; фруктоза; сахароза; экстракт кожуры;

**Keywords:** naturalness; adulteration; tangerine juice; organic acids; glucose; fructose; sucrose; peel extracts.

При оценке качества цитрусовых соков большое значение имеет показатель натуральности. Нарушение натуральности расценивается как фальсификация. Целью фальсификации, с одной стороны является замена дорогостоящего сырья наиболее дешевым, что возможно осуществив введением в данный цитрусовый сок посторонних соков или частичной заменой плодов отжимами сокового производства. В результате нарушается технология производства цитрусовых соков, что приводит к хищениям государственного имущества и является уголовным преступлением.

Особенно крупных масштабов фальсификация достигает при производстве соковых концентратов, когда появляется возможность полной замены плодов отжимами.

С другой стороны фальсификация цитрусовых соков может быть связанной с введением в соки вредных для человеческого организма веществ. Например, с введением в цитрусовый сок виннокаменной или синтетической лимонной кислоты, различных красителей, эмульгаторов, синтетических аминокислот и т. д., что приводит к выпуску экологически недоброкачественной продукции. Причиной вышесказанного является отсутствие объективных методов контроля качества цитрусовых соков

Существующий стандарт на мандариновый сок регламентирует содержание растворимых сухих веществ и кислотность: для натурального сока — 10 % растворимых сухих веществ и кислотность — от 0,7 до 1,8 %, для мандаринового сока с сахаром — 14 % сухих веществ и кислотность — от 0,8 до 1,8 %.

Эти показатели, формально определяющие качество мандариновых соков, недостаточны для оценки их натуральности. Соки легко могут быть фальсифицированы разбавлением водой и затем, путем добавления сахара и кислоты, концентрация экстрактивных веществ может быть приведена в соответствии со стандартом.

Поэтому представило интерес проведение исследований по идентификации отдельных компонентов этих веществ.

В табл. 1. представлены данные идентификации органических кислот и сахаров в эталонных образцах натуральных мандариновых соков (образец № 1 и № 2), мандаринового сока с сахаром (образец № 3), в модельном образце фальсифицированного сока, полученного разбавлением натурального сока с водой в равном соотношении, с добавлением лимонной кислоты и сахаров до показателей натурального (образец № 4), в образце, представленном на экспертизу (образец № 5) и в экстракте кожуры (образец № 6). Органические кислоты идентифицированы в виде яблочной и лимонной кислот. Как видно из табл. 1., содержание лимонной кислоты в процентах от общей кислотности во всех образцах мандариновых соков колеблется в одних и тех же пределах (96—99 %) и только в экстракте кожуры оно составляет в среднем 68 %. Содержание яблочной кислоты колеблется в пределах 1,0—4,3 % и только в экстракте кожуры оно составляет 31 %. Таким образом, мы получили, что фальсифицированный сок содержит такое же количество лимонной кислоты, как и натуральный. И это логично, так как сок был фальсифицирован лимонной кислотой.

Следовательно, идентификация органических кислот наиболее эффективна лишь в том случае, если мандариновый сок фальсифицирован виннокаменной, или другой, но не лимонной кислотой, либо соками из семечковых плодов, содержащих винную или яблочную кислоту, что резко снизит содержание лимонной кислоты. Сахара идентифицированы в виде глюкозы, фруктозы и сахарозы, их содержание дано в процентах от общего сахара.

Кох и Хесс [2] для оценки натуральности соков предлагают отношение глюкозы, фруктозы и сахарозы к общему количеству сахара. Но, как показали наши исследования, в мандариновых соках, приготовленных по существующим стандартам, содержание глюкозы (32,35—37,75 %), и сахарозы (28,95—46,10 %) в процентах от общего сахара колеблется в определенных пределах.

Однако, содержание глюкозы и фруктозы может достичь максимальных отклонений от верхнего, а сахарозы — от нижнего пределов. Такие отклонения соотношения сахаров могут быть вызваны нарушением технологии (например, режима стерилизации) либо условием хранения соков, в результате чего происходит инверсия сахарозы. Так, например, в натуральном мандариновом соке (образец № 1) соотношение глюкозы (35,7 %), фруктозы (33,0 %) и сахарозы (31,4 %) в процентах от общего сахара приблизительно равно 1:1:1, а в другом образце натурального мандаринового сока (образец № 2) содержание сахарозы занижено (10,39 %) в результате инверсии сахарозы. Такое же нарушение отдельных компонентов комплекса сахаров наблюдается в модельном образце фальсифицированного (образец № 4) и в промышленном образце сока (образец № 5).

Таким образом, ввиду большого предела варьирования, изменения соотношения отдельных компонентов комплекса при хранении и термической обработке, а также возможности искусственного внесения, сахара не могут служить параметрами при определении натуральности [1. с. 44].

По данным хроматографического анализа сахаров, соотношение глюкозы и фруктозы в мандариновых соках равно приблизительно 1:1, в то время как содержание фруктозы в экстракте кожуры вдвое больше глюкозы.



**Таблица 1.****Содержание органических кислот и сахаров  
в мандариновых соках и экстракте кожуры**

Наименование показателей	Номера образцов					
	1	2	3	4	5	6
Массовая доля титруемых кислот в расчете на лимонную %	1,4	1,4	0,95	1,3	0,78	0,45
Массовая доля яблочной кислоты, %	0,06	0,04	0,01	0,02	0,02	0,14
Массовая доля лимонной кислоты, %	1,35	1,36	0,94	1,28	0,76	0,31
Количество кислоты в % от общего содержания кислот						
яблочной,	4,29	2,86	1,05	1,54	2,56	31,11
лимонной	96,43	97,14	98,95	98,46	97,4	68,89
Массовая доля сахаров, %						
общего	6,27	5,97	12,50	6,30	14,4	6,50
фруктозы	2,20	2,85	4,78	3,10	7,66	2,14
глюкозы	2,07	2,50	4,53	2,94	6,67	1,16
сахарозы	1,97	0,65	3,19	0,26	0,16	3,20
В процентах от общего содержания сахаров:						
глюкозы	35,73	47,74	38,24	49,21	52,9	32,92
фруктозы	33,01	41,88	36,24	46,67	46,0	17,85
сахарозы	31,42	10,39	25,50	4,13	1,10	49,23

**Список литературы:**

1. Нижарадзе Э. «Проблема фальсификации цитрусовых соков и методы её обнаружения», Монография, Батуми, 2011, — 142 с.
2. Koch J., Hess D. Zum Nachweis von verfälschten Orangensäften //Dtsch. Lebensmittel-Rdsch. — 1971. — Bd. 67, — № 6. — S. 260—265.

# **ВЛИЯНИЕ ПРОДУКТОВ ПЧЕЛОВОДСТВА НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ МИКРОФЛОРЫ ЙОГУРТА**

*Ломова Неонила Николаевна*

*канд. техн. наук, Национального университета биоресурсов  
и природопользования Украины,  
Украина, г. Киев*

*Снежко Ольга Олеговна*

*аспирант Национального университета биоресурсов  
и природопользования Украины,  
Украина, г. Киев  
E-mail: [snezhko82@mail.ru](mailto:snezhko82@mail.ru)*

## **EFFECT OF BEE PRODUCTS ON THE VIABILITY OF YOGURT MICROFLORA**

*Lomova Neonila*

*candidate of Science,  
of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Ukraine, Kiev*

*Snezhko Olga*

*graduate student  
of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,  
Ukraine, Kiev*

### **АННОТАЦИЯ**

В нашей работе мы исследуем влияние некоторых продуктов пчеловодства на размножение и развитие микроорганизмов закваски для йогурта. С этой целью, мы использовали методики определения микробиологических показателей кисломолочных напитков, описанные в ДСТУ 7357:2013. В результате мы получили фактические значения микробиологических показателей чуть выше нормы. Это приводит к выводу, что продукты пчеловодства, используемые нами, не угнетают микрофлору заквасочного препарата, что дает

возможность использовать их для усовершенствования технологии производства йогурта.

### ABSTRACT

In this scientific work we investigate the effect of some bee products on reproduction and development of leaven micro-organisms for yogurt. For this purpose, we used the methodology for determining the microbiological data of fermented milk products described in DSTU 7357:2013. As a result, we got the actual values of microbiological parameters slightly above normal. This leads to the conclusion that the bee products used by us do not oppress the leaven microflora drug that gives the opportunity to use them to improve the technology of yogurt production.

**Ключевые слова:** йогурт; мед; пыльца; маточное молочко; микрофлора.

**Keywords:** yogurt; honey; pollen; royal jelly; microflora.

Продукты пчеловодства — очень ценный и богатый источник биологически активных веществ. Мёд — биологически активный продукт из сахаристых выделений некоторых насекомых и животных, нектароносных клеток цветка, сока растений и секрета ферментативных желез пчелы. В состав меда входит более 455 важных для организма веществ [6].

Мед содержит: углеводы, глюкозу, фруктозу и сахарозу. Ферменты попадают в мед с пылью растений, а также из глоточных желез пчел. В состав меда входит ингибин, диастаза альфа-амилаза и др., а также белковые вещества — от 0,3 до 3,3 % [5].

Пчелиная обножка — это сложный концентрат многих ценных пищевых и лечебных веществ. Пыльца содержит 250 веществ и химических элементов: 20—25 % белков и небелковых азотистых соединений; 13—35 — сахаров, 1—25 — крахмала, 3—20 — клетчатки, 6—20 — поленина (в оболочке), 9—14 — сырого жира, 1—6 — золы и 20—30 % — воды [8].

Биологически активные вещества пыльцы РНК и ДНК стимулируют рост человека. Содержание каротиноидов в пыльце доходит до 57 %. Активным биологическим действием характеризуются, имеющиеся в пыльце, тритерпеновые кислоты. В пыльце обнаружены фенолы, а также астрагалин [3].

Маточное молочко (апилак) — секрет двух аллотрофических желез, представляющий собой пастообразную, непрозрачную массу молочно-белого или слабо-кремового цвета. Состав молочка в процентном соотношении имеет следующий вид: вода составляет

60—70 %; сухие вещества — 30—40; белки — 10—18; сахара 9—15; липиды — 1,5—7; зола — 0,7—1,5. В 100 г маточного молочка содержится в мг: тиамин — 0,12—0,18; рибофлавин — 0,53—1,00; пантотеновая кислота — 6,5—25,0; никотиновая кислота — 4,8—14,9; пиридоксин — 0,2—4,4; биотин — 0,06—0,40; инозит — 4,4—40,0; фолиевая кислота — 0,016—0,50; цианкобаламин — 0,005—0,014; витамин С — 0,3—0,5 % и следы каротина [9].

Йогурт — это кисломолочный продукт с повышенным содержанием сухих веществ, который производят сквашивания молока культурами видов *Lactobacillus delbrueckii subspecies bulgaricus*, *Streptococcus salivarius subspecies termophilus* [7].

Развитие украинского рынка кисломолочной продукции показывает, что йогурт занимает второе место после кефира (30—35 %) по объему потребления. Но прирост потребления этого напитка самый высокий среди молочных продуктов (10 %) [1].

Наши исследования направлены на усовершенствование технологии производства йогурта путем обогащения его биологически активными веществами продуктов пчеловодства. Мы используем при этом мед, пчелиное молочко и пыльцу.

Для начала, мы должны проанализировать, как влияют предлагаемые добавки на жизнеспособность микроорганизмов йогуртовой закваски. А именно, могут ли они полноценно размножаться в молочной основе в присутствии меда, пыльцы, пчелиного молочка.

Лактобактерии используют различные углеводы для энергетических и пластических целей. Однако плохо расщепляют белки и жиры, поэтому нуждаются в поступлении извне аминокислот, жирных кислот, а также витаминов [4].

С целью изучения влияния натуральных продуктов пчеловодства на развитие микрофлоры заквасок в опытные образцы, сделанные за классической технологией, вносили эти продукты в количестве: мед — 0,2 ... 5,2 % с интервалом 2,5 %, пчелиное молочко — 0,02 ... 0,20 % с интервалом 0,09 %, пыльца — 0,03...0,15 с интервалом 0,06 %.

Исследуемые наполнители вносили в молочную основу во время технологической операции заквашивания, вместе с биологическими агентами ферментации.

Ферментация молока длилась 4,5 часа при температуре  $45 \pm 2$  °С. Когда кисломолочный сгусток достиг кислотности 80 °Т, его охладили до температуры  $10 \pm 2$  °С и хранили при  $5 \pm 2$  °С.

Анализ проводили в первый день хранения. Микробиологические показатели кисломолочных напитков с продуктами пчеловодства

определяли по методикам, описанным в ДСТУ 7357:2013 [1]. Результаты исследований представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Микробиологические показатели кисломолочного продукта с различным содержанием биологически активного наполнителя**

Образец йогурта	Массовая доля наполнителя, %			Норма КУО/г	Фактические значения КУО/г
	Мед	Маточное молочко	Обножка		
Контрольный	Без наполнителя			$1 \times 10^7$	$1,4 \times 10^7$
Опытный 1	0,2	0,02	0,03	$1 \times 10^7$	$1,4 \times 10^7$
Опытный 2	2,7	0,11	0,09	$1 \times 10^7$	$1,7 \times 10^7$
Опытный 3	5,2	0,20	0,15	$1 \times 10^7$	$1,8 \times 10^7$

Как видно из данных, наличие в кисломолочном напитке продуктов пчеловодства в малых дозах не подавляет рост и развитие кисломолочных штаммов заквасочных культур йогурта, но и не стимулирует его. Увеличение дозы наполнителя существенно не активизирует молочнокислый процесс, но и не угнетает его. Возможно, такое развитие процесса обусловлено фунгицидными свойствами маточного молочка и меда.

Наша дальнейшая работа будет направлена на исследование йогурта с продуктами пчеловодства в процессе хранения для установления гарантийных сроков готового продукта и степени воздействия продуктов пчеловодства на кисломолочную микрофлору.

**Список литературы:**

1. Арасланова А. Йогурты завоевывают все больше потребителей / А. Арасланова. — Экономические известия. — № 83 (1775). — 2012. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://markets.eizvestia.com/full/jogurty-zavoevyvayut-vse-bolshe-potrebiteldej>.
2. ДСТУ 7357:2013 Молоко і молочні продукти. Визначення кількості мікроорганізмів. К.: Держспоживстандарт України, 2014. — 39 с.
3. Лавренов В.К., Лавренова Г.В., Лавренов Ю.В. Мёд, пыльца, маточное молочко... — помощники вашего здоровья. М. : АСТ, 2006. — 239 с.
4. Малкоч А.В., Бельмер С.В. Пребиотики и их роль в формировании кишечной микрофлоры в питании: физиологическое значение // Педиатрия. — 2009. — Том 87. — № 4. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.pediatrjournal.ru/MagazinArticles/9363/111.pdf>.

5. Мейнгардт Ю.В. Большой медовый лечебник. Здоровье на крыльях пчелы. М.: АСТ, 2006. — 541 [3] с.
6. Приймак Г.М. Організація пасіки. К.: УАЕ УААН, 2000. — 459 с.
7. Технологія незбираномолочних продуктів: навч. Посібник / Т.А. Скорченко [и др.]; под. ред. Т.А. Скорченко. Вінниця: Нова Книга, 2005. — 264 с.
8. Шабаршов И.А. Их Величество Мед и Пыльца. М.: Кирилица1, 2002. — 208 с.
9. Шкендеров С., Иванов Ц. Пчелиные продукты. София: Земиздат, 1985. — 226 с.

## СЕКЦИЯ 8.

### ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

#### СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ ОЦЕНКИ ЧАСТОТЫ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ТРЕНДА ПО ЧИСЛАМ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ НУЛЕВОГО УРОВНЯ

*Левенец Алексей Викторович*

*канд. техн. наук, доцент кафедры автоматики и системотехники  
Тихоокеанского государственного университета,  
РФ, г. Хабаровск  
E-mail: [levalvi@bk.ru](mailto:levalvi@bk.ru)*

#### THE WAY OF DECREASE OF A ERROR OF ESTIMATING OF FREQUENCY OF THE PERIODIC TREND BY ZERO-CROSSING METHOD

*Levenets Alexey*

*candidate of Science, assistant professor of faculty of automatics  
and system engineering of Pacific National University,  
Russia, Khabarovsk*

#### АННОТАЦИЯ

В статье предлагается способ снижения погрешности оценки частоты периодического тренда измерительного сигнала на базе чисел пересечения сигналом нулевого уровня. Суть способа заключается в определении области значений сигнала, где он условно принимается равным нулю. Приведены результаты исследования предложенного способа на моделях измерительных сигналов с периодическими трендами разных типов. Показано, что предложенный способ позволяет снизить погрешность оценки частоты периодического тренда в области низких относительных частот.

## ABSTRACT

In paper the way of decrease of an error of estimating of frequency of a periodic trend by zero-crossing method is offered. The way is based on defining ranges of values of the signal, where it is conditionally assumed equal to zero. Results of research of the proposed method with models of measuring signals with periodic trends of different types are submitted. It is shown that the offered method allows to decreasing of an error of a estimating of frequency of a periodic trend for low relative frequencies area.

**Ключевые слова:** тренд; измерительный сигнал; пересечение нуля.

**Keywords:** trend; measurement signal; zero-crossing.

Числа пересечения сигналом нулевого уровня обладают рядом свойств, позволяющих использовать их для анализа сигнала, в том числе, в частотной области. Возможность применения свойств таких чисел для спектрального анализа показал Б. Кедем. Так, в его работах было доказано, что если анализируемый процесс обладает доминирующей составляющей с частотой  $f_d$ , то число пересечений нулевого уровня (ЧПН) будет стремиться к числу, соответствующему этой частоте [1]. Таким образом, применяя к исследуемому сигналу ряд линейных фильтров, с различными частотами среза, и определяя после каждой фильтрации через ЧПН частоту доминирующей составляющей, можно определить наличие в анализируемом сигнале периодичности с некоторой частотой.

В качестве фильтров было предложено использовать простые повторно-разностные и повторно-суммирующие фильтры. Реализация первого порядка таких фильтров сводится к последовательному вычитанию (сложению) соседних отсчетов исходной последовательности данных, причем применение такой операции к уже отфильтрованной последовательности является реализацией фильтра второго порядка и т. д. Отличительной особенностью описанных фильтров является простота реализации и, как следствие, низкая требовательность к вычислительным затратам

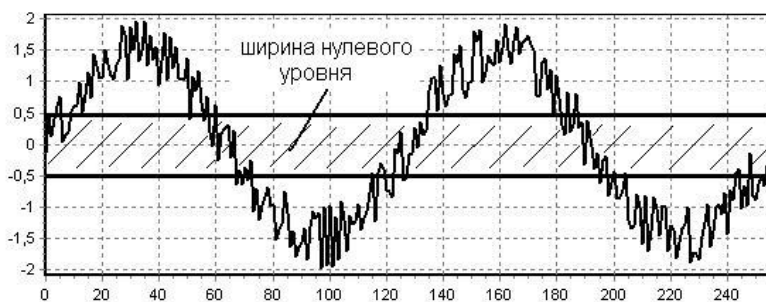
Так как нули сигнала связаны со спектральной функцией анализируемого сигнала, в [2] было предложено использовать этот факт для грубого спектрального анализа сигнала. Для этого к исходному сигналу последовательно применялись ПР и ПС фильтры в различных сочетаниях (максимальный порядок фильтров при этом ограничивается) и производился подсчет ЧПН для каждого сочетания таких фильтров. Совокупность ЧПН, полученную после применения



к сигналу ряда простейших фильтров можно рассматривать как некоторое подобие спектральной функции, которое в [2] предложено называть «квазиспектр».

Проведенные исследования показали принципиальную возможность их использования для выявления и оценки частоты периодического тренда в измерительных данных [2]. Более подробно эта возможность была исследована в работе [3], где было показано, что одним из ограничений, свойственных такому методу является его высокая погрешность определения частоты периодического тренда на краях относительного частотного диапазона, особенно в области низких относительных частот. Этот факт объясняется высокой чувствительностью метода к помехам в области пересечения сигналом нулевого уровня, а также пологими передаточными характеристиками фильтров [2].

Для снижения погрешности оценки частоты периодического тренда в области низких относительных частот можно предложить виртуальную нелинейную обработку анализируемого сигнала, заключающуюся в том, что вводится понятие «ширина нулевого уровня» (ШНУ), т. е. задается диапазон значений анализируемого сигнала, в котором он условно считается равным нулю (рис. 1).



**Рисунок 1.** Пояснение к предлагаемому способу снижения погрешности

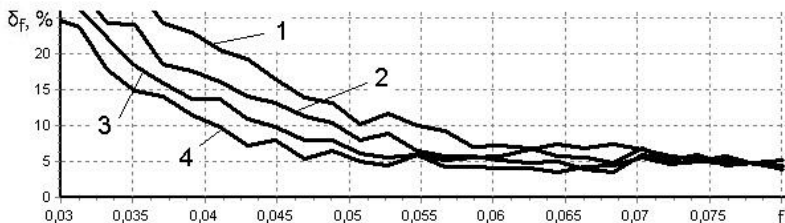
Очевидно, что при обычном подсчете ЧПН оценка частоты периодичности будет существенно искажена действующими помехами. В том же случае, когда вводится отличная от нуля ШНУ, оценка становится существенно более точной, т. к. формально шумовая составляющая не пересекает нулевого уровня. Такую обработку с точки зрения квазиспектра можно считать дополнительным низкочастотным фильтром, снижающим влияние высокочас-

тотных помех на оценку частоты низкочастотного периодического тренда. Следует отметить, что предлагаемая обработка используется только при подсчете ЧПН и не применяется к самому исследуемому сигналу.

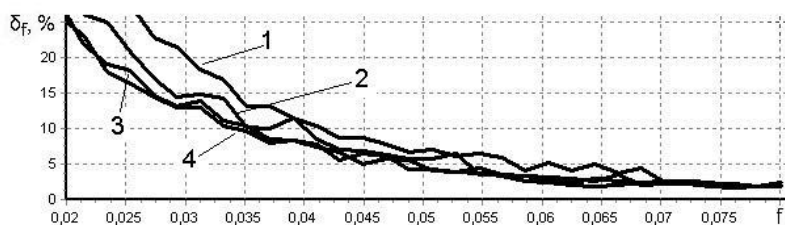
Для оценки эффективности предлагаемого способа исследования проводились на модели измерительного сигнала в виде аддитивной смеси периодического сигнала с заданной частотой и шума с равномерным распределением. Выбор типа шума был произвольным, т. к. в [3] было показано, что этот параметр не оказывает практического влияния на результаты оценки частот. Отношение сигнал/шум принималось равным 1,0.

В качестве периодического тренда рассматривались синусоида, меандр, пилообразный и треугольный сигналы. Так как объем выборки практически не сказывается на величине относительной погрешности, далее в работе приведены результаты для объема в 512 выборки. Как и в [3], при определении квазиспектра использовались фильтры не выше девятого порядка, а результаты усреднялись по десяти реализациям. Величина ШНУ задавалась в процентах от максимального уровня исследуемого сигнала, причем нулевое значение соответствует традиционному пониманию нулевого уровня.

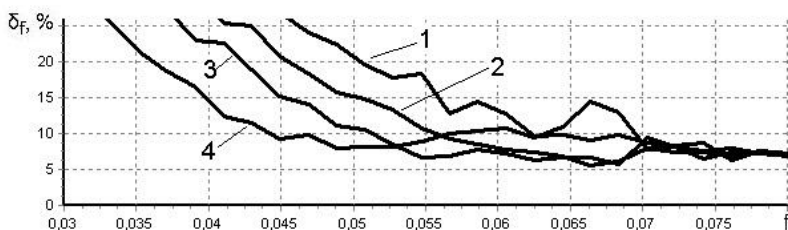
На рис. 2 приведены зависимости относительной погрешности определения частоты  $\delta_f$  для различных типов периодического тренда и различных значений ширины нулевого уровня. На рисунке цифрами обозначено: 1 — результаты в случае ШНУ = 0; 2 — для ШНУ = 10 %; 3 — для ШНУ = 20 %; 4 — для ШНУ = 40 %. На рисунке показано поведение погрешности оценки частоты в низкочастотной области, т. к. предлагаемый способ не влияет на погрешности в остальной частотной области.



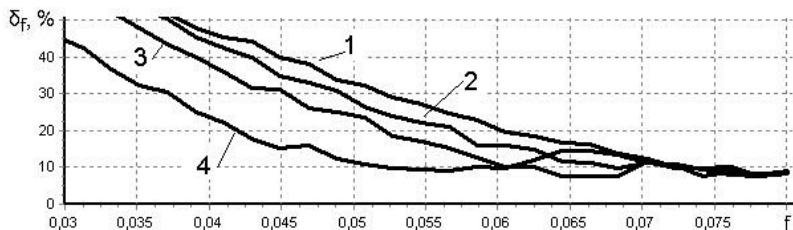
*а) синусоидальный*



**б) меандр**



**в) треугольный**



**г) пилообразный**

**Рисунок 2. Относительная погрешность определения частоты для разных типов периодического тренда**

Полученные результаты показывают, что предлагаемый способ снижения погрешности приводит к существенному снижению погрешности в диапазоне относительных частот 0,0...0,07 для всех типов тренда. Следует отметить, что на рисунках не отображен диапазон 0 ... 0,02 в силу того, что погрешность в этой области хотя и существенно снижается, но остается в области, далекой от практического применения.

В целом, практически для всех типов тренда можно отметить снижение погрешности на 5 % и более, причем наиболее существенное

снижение можно отметить для трендов типа «пила» и «треугольник». Так, для тренда типа «пила» погрешность оценки в диапазоне частот 0,03...0,05 при ШНУ 40 % снижается примерно на 20 %, однако при увеличении частоты тренда эффективность предлагаемого способа падает, а на частоте  $\approx 0,065$  снижается практически до нуля. Для тренда типа «треугольник» снижение погрешности несколько меньше и составляет на частоте 0,045 и ШНУ 40 % примерно 18 %, однако уже с частоты  $\approx 0,05$  эффективность способа начинает снижаться и на частоте  $\approx 0,06$  величины погрешностей практически совпадают со значениями погрешности без обработки.

Следует отметить особенность поведения погрешности для тренда типа «меандр». Для этого тренда предлагаемый способ при величине ШНУ 10—20 % обеспечивает снижение погрешности примерно на 5 % в диапазоне относительных частот 0,03 ... 0,07, причем увеличение ШНУ приводит к существенному снижению погрешности только в области относительных частот менее 0,03. Этот факт можно объяснить хорошей чувствительностью исследуемого способа оценки частоты к тренду типа «меандр», причем погрешности для этого типа тренда существенно меньше, чем у остальных типов тренда, даже без предлагаемого способа снижения погрешности.

Для синусоидального тренда снижение погрешности в результате применения предлагаемого способа больше, чем для тренда типа «меандр» и в диапазоне частот 0 ... 0,047 составляет  $\approx 12$ —15 %. На частотах 0,06 и более эффективность предлагаемого способа снижения погрешности близка к нулю.

Следует отметить, что увеличение ШНУ более 20 % для трендов типа «меандр» и «синусоида» не приводит к существенному улучшению ситуации, в отличие от остальных типов тренда, для которых снижение погрешности на относительных частотах 0 ... 0,05 при ШНУ более 30 % достигает 15—25 %. Тем не менее, следует отметить, что при ШНУ 40 % и более для всех типов тренда наблюдается увеличение погрешности оценки частоты, чем при меньших значениях ШНУ.

Проведенные исследования показали, что снижение погрешности за счет использования предложенного метода происходит также и при снижении ОСШ до значения 0,75, однако в этом случае полученный эффект представляет меньшую практическую значимость.

Таким образом, предложенный способ снижения погрешности оценки частоты периодического тренда позволяет уменьшить относительную погрешность оценки в частотном диапазоне 0 ... 0,06 не менее чем на 5 %, причем для тренда типа «меандр» предложенный

способ обладает несколько меньшей эффективностью. Также следует отметить, что предложенный способ легко реализуется и не требует существенного увеличения вычислительных затрат.

### **Список литературы:**

1. Кедем Б. Спектральный анализ и различение сигналов по пересечениям нуля // ТИИЭР. т. 74. — 1986. — № 11. — С. 6—24.
2. Левенец А.В., Чье Ен Ун, Иванов В.Э. Первичная обработка данных. Оценка спектра, сжатие, распознавание. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012. — 160 с.
3. Левенец А.В. Оценка частоты периодического тренда в измерительном сигнале // XXI Международная заочная научно-практическая конференция «Технические науки — от теории к практике», Новосибирск, 2013. — С. 167—173.

## **СЕКЦИЯ 9.**

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ**

#### **АНАЛИЗ АВАРИЙНОСТИ ОБЪЕКТОВ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА И ИХ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

***Фенюк Наталья Анатольевна***

*инженер по охране труда «Самарские распределительные сети»,*

*РФ, г.о. Тольятти*

*E-mail: [natusik\\_63reg@mail.ru](mailto:natusik_63reg@mail.ru)*

***Фенюк Антон Юрьевич***

*магистрант Тольяттинского государственного университета,*

*РФ, г.о. Тольятти*

*E-mail: [fenuk87@yandex.ru](mailto:fenuk87@yandex.ru)*

***Кравцов Александр Валериевич***

*студент Тольяттинского государственного университета,*

*РФ, г.о. Тольятти*

*E-mail: [AKravtsov14@mail.ru](mailto:AKravtsov14@mail.ru)*

# ANALYSIS OF EMERGENCY OIL AND GAS FACILITIES, AND THEIR IMPACT ON THE ENVIRONMENT

***Fenuk Nataliy***

*safety engineer "Samara Distribution Networks",  
Russia, Togliatti*

***Fenuk Anton***

*magistrate Student of Togliatti state University,  
Russia, Togliatti*

***Kravtsov Alexandr***

*student of Togliatti state University,  
Russia, Togliatti*

## АННОТАЦИЯ

Представлен анализ аварий, причин их возникновения и определены источники выделения загрязняющих веществ при авариях на объектах нефтегазового комплекса.

## ABSTRACT

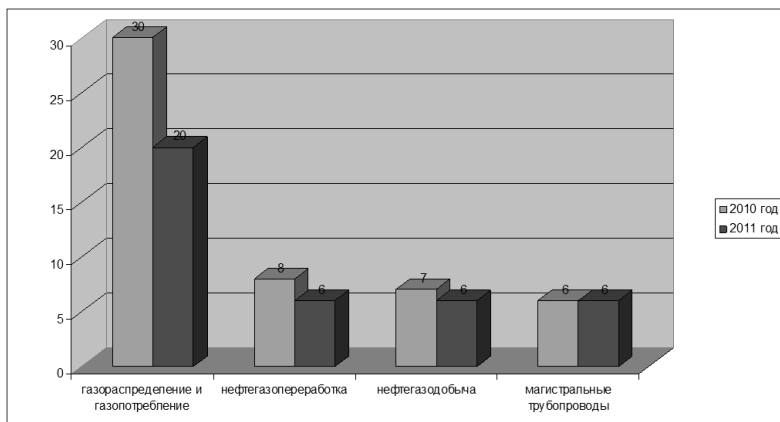
Presents an analysis of accidents, their causes and sources identified pollutant emissions during accidents at oil and gas facilities

**Ключевые слова:** экологический риск; воздействие на окружающую среду.

**Keywords:** environmental risk; impact on the environment.

Проанализировав данные об авариях на объектах нефтегазового комплекса, можно сделать вывод, что они обусловлены организационными и техническими причинами (рис. 1) [1, с. 877—884]. К организационным причинам относятся: неудовлетворительная организация производства работ; нарушение регламентов и инструкций по проведению ремонтных работ (в том числе газоопасных) и др.

К техническим причинам относится использование: морально и физически устаревшего оборудования; приборов без взрывозащиты во взрывоопасных зонах; устройств с неработоспособной автоматикой безопасности; коррозионно и механически повреждённых газопроводов, нефтепродуктопроводов и др.

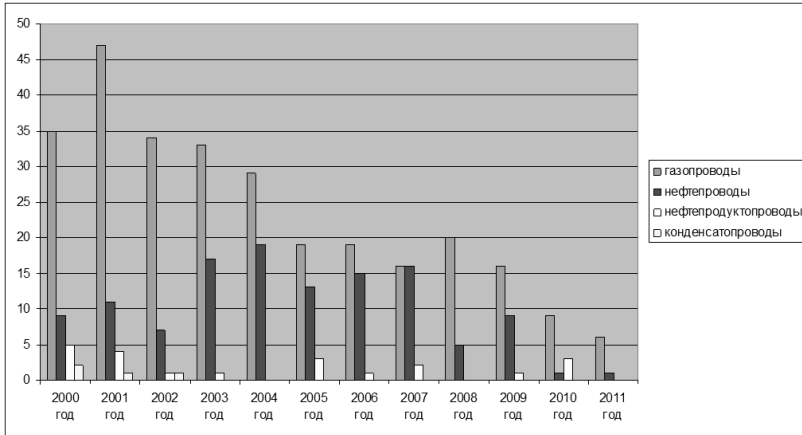


**Рисунок 1. Аварийность на объектах нефтегазового комплекса**

Анализ материалов расследования аварий на объектах магистрального трубопроводного транспорта (рис. 2) показал, что аварии произошли по техническим причинам: 2 — коррозионное растрескивание под напряжением (КРН) труб и 4 — брак при строительномонтажных работах:

- из-за отступления от проектных решений при строительстве;
- несоблюдения технологии сварки; низкого уровня пооперационного контроля качества со стороны должностных лиц;
- недостаточного технического надзора за строительством;
- нарушения правил производства работ в охранных зонах;
- повреждения трубопровода техникой при проведении указанных работ;
- разрушения под действием паводковых вод.





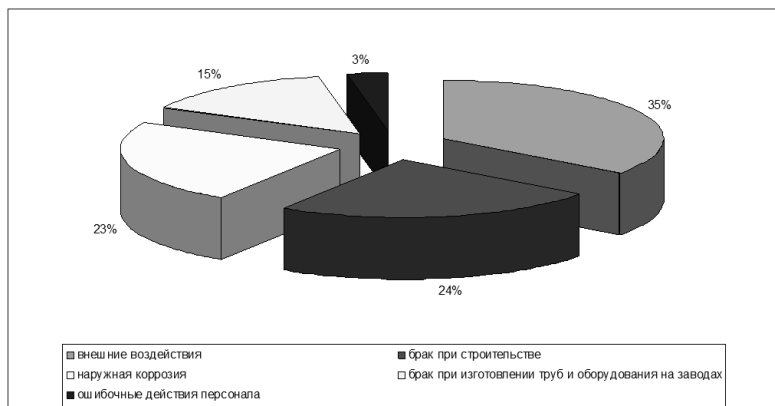
**Рисунок 2. Аварийность на магистральных трубопроводах**

Половина организационных причин аварий обусловлена неэффективностью производственного контроля, другая половина — связана с нарушением технологии и неправильной организацией производства работ.

Проведение изучения данных о произошедших авариях при газодобыче позволяет выделить следующие виды:

1. аварии со скважинными трубами (прихваты и поломки бурильных, обсадных и насосно-компрессорных труб в обсаженных и необсаженных скважинах диаметрами от 90 до 480 мм);
2. аварии со скважинными двигателями, приборами (устройствами), пакерами и нижней частью бурильной колонны;
3. авария с кабелями, канатами, проволокой;
4. аварии на трубопроводах

Анализ показывает, что основными причинами возникновения аварий являются (рис. 3) [2, с. 67—70]: внешние воздействия — 35 %; ошибочные действия персонала — 24 %; наружная коррозия оборудования — 23 %; брак при изготовлении труб и оборудования на заводах — 15 %; брак при строительстве — 3 %.



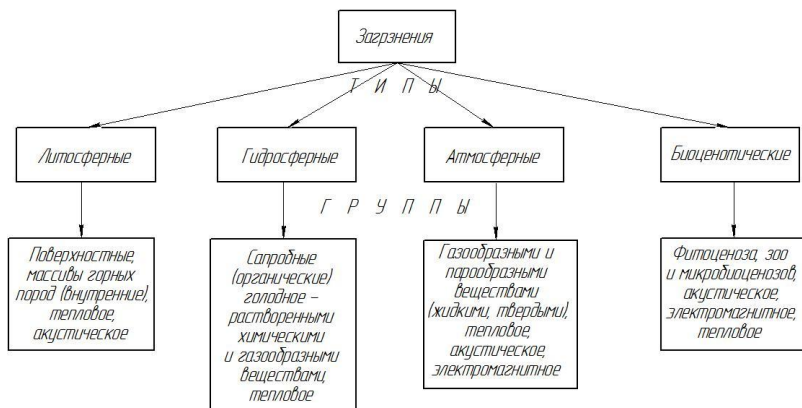
**Рисунок 3. Диаграмма основных причин возникновения аварий**

Проведя анализ, была составлена схема, которая отображает основные источники и объекты загрязнения при эксплуатации буровых установок (рис. 4).

Таким образом, все виды загрязнения можно подразделить на 4 типа (литосферные, гидросферные, атмосферные, биоценотические), и соответственно каждому типу, выделяются группы загрязнений. Эти данные представлены на рисунке 5.



**Рисунок 4. Схема источников и объектов загрязнения**



**Рисунок 5. Загрязнения природной среды**

### Список литературы:

1. Кравцова М.В. Оценка техногенного риска технически сложных производственных объектов машиностроения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2012. — Т. 14. — № 1—3. — С. 877—884.
2. Кравцова М.В., Евсеев А.И. Повышение эксплуатационной устойчивости сложных технических систем // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. — 2011. — № 4. — С. 67—70.

## СЕКЦИЯ 10.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

#### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МЕТОДОМ САМООЦЕНКИ (МОДЕЛЬ ПРЕМИИ КАЧЕСТВА)

*Парфеньева Ирина Евгеньевна*

*канд. техн. наук, доцент Московского государственного  
машиностроительного университета (ММИ),  
РФ, г. Москва*

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

*Андина Юлия Семеновна*

*студент Московского государственного  
машиностроительного университета (ММИ),  
РФ, г. Москва*

*E-mail: [iu.andina@yandex.ru](mailto:iu.andina@yandex.ru)*

#### QUALITY ASSESSMENT OF THE ORGANIZATION'S ACTIVITIES BY THE METHOD OF SELF-ASSESSMENT (MODEL PREMIUM QUALITY)

*Parfenieva Irina*

*candidate of Technical Science, Professor  
of the Moscow state engineering University (MAMI),  
Russia, Moscow*

*Andina Julia*

*student of the Moscow state engineering University (MAMI),  
Russia, Moscow*

## АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается применение метода самооценки для анализа деятельности организации. В качестве модели самооценки принята модель премии Правительства Российской Федерации в области качества. Рассмотрены критерии оценки деятельности организации, приведен расчетный пример, иллюстрирующий порядок определения областей для улучшения (и/или инноваций) и приоритетов для выстраивания последовательности действий.

## ABSTRACT

In this paper discusses the use of self-assessment to analyze the activity of the organization. As a model of self-esteem adopted the model of the award of the Government of the Russian Federation in the field of quality. Considered the criteria of evaluation of organization's activity, the settlement example illustrating the procedure for identifying areas for improvement (and/or innovation) and priorities for constructing the sequence of actions.

**Ключевые слова:** система менеджмента качества; самооценка деятельности организации; модель премии Правительства Российской Федерации в области качества; критерии модели; диаграмма Парето; лепестковая диаграмма.

**Keywords:** the quality management system; self-organization activity; model of the prize of the Government of the Russian Federation in the field of quality; criteria; models; Pareto chart; radar chart.

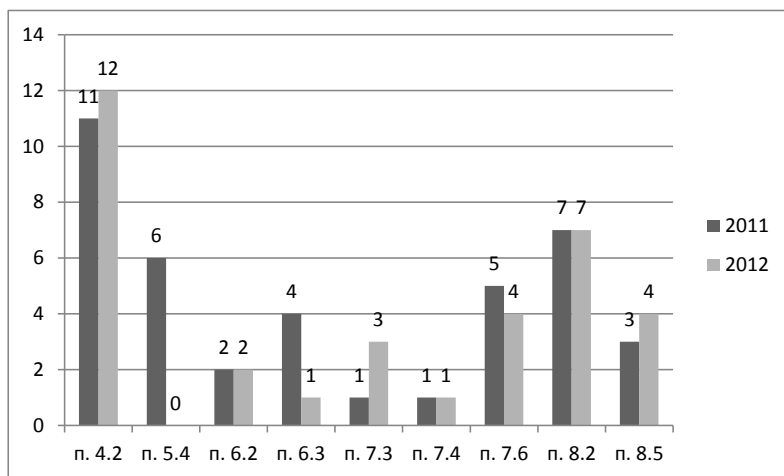
Совершенствование деятельности организации невозможно без периодического анализа фактического состояния работы по качеству и ее результатов. С этой целью в организациях проводятся внутренние аудиты.

Внутренние аудиты оценивают функционирование и результативность системы менеджмента. Они могут включать проверку на соответствие разным стандартам на системы менеджмента, таким как ISO 9001 (менеджмент качества), ISO 14001 (менеджмент окружающей среды), а также учитывать специфические требования, связанные с потребителями, продукцией, процессами или специфическими проблемами. Применительно к системам менеджмента качества (СМК) внутренние аудиты определяют степень, с которой СМК удовлетворяет требованиям ISO 9001.

Например, на рисунке 1 показано количество несоответствий, выявленных при проведении внутреннего аудита в ОАО «Промтрактор».

Самооценка как процедура измерения деятельности организации в области управления качеством тесно связана с концепцией аудита. В то же время самооценка имеет большие возможности, собственные отличительные признаки и черты. Для нее характерна более широкая область применения, с охватом всей деятельности организации и привлечением всех ее работников. Самооценка охватывает характеристики, которые трудно измерить и оценить, например, в таких областях как процессы управления персоналом, сложившаяся организационная культура, вопросы лидерства.

Самооценка отличается от аудита СМК также значительно более выраженным диагностическим характером. Если целью внутреннего аудита является контроль результативности, проверка соответствия требованиям стандартов, то цель самооценки — оценка уровня зрелости системы управления, сравнение с результатами других организаций и эталоном, диагностика сильных и слабых сторон и определение областей для улучшений [3, с. 51].



**Рисунок 1. Количество несоответствий, выявленных при проведении внутреннего аудита по пунктам ИСО**

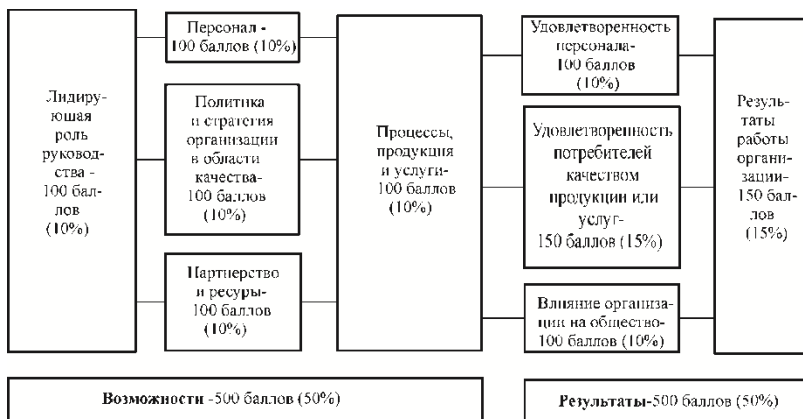
Самооценка проводится на соответствие модели менеджмента качества, которую организация выбирает как образец. В данной работе для самооценки предлагается модель премии Правительства РФ в области качества (рисунок 2).

Каждый из критериев модели имеет свою весомость в общей оценке. Наибольшая суммарная оценка составляет 1000 баллов.

Для определения оценки в процентах по каждому критерию модели руководствуются таблицами 1 и 2 [2].

Для перевода оценки в баллы учитываются коэффициенты весомости критериев [1]: для критериев группы «Возможности» коэффициенты весомости равны 1,0; для критериев группы «Результаты» 1,0 и 1,5 согласно рисунку 2.

Общая оценка определяется суммированием выставленных оценок в баллах по каждому критерию.



**Рисунок 2. Модель премии Правительства Российской Федерации в области качества**

Каждая организация должна разработать перечень вопросов для проведения самооценки, которые учитывали бы специфические особенности деятельности организации.

Чтобы показать порядок получения общей оценки деятельности организации и использование результатов самооценки для принятия решений по улучшению менеджмента качества рассмотрим конкретный пример.

Пусть на предприятии проведена оценка деятельности по рассмотренным критериям. Перечень критериев и их доля в общей модели самооценки (в процентах и баллах) приведены в графах 2—4 таблицы 1. Оценка каждого критерия по результатам самооценки указана в баллах (графа 5 таблицы 1).

Оценку качества работы организации в целом дают, суммируя результаты по девяти критериям. В графе 6 и 7 таблицы 1 приведен резерв по каждому критерию (в баллах и процентах), вычисляемый

как разность максимально возможной оценки критерия по модели премии и полученного результата при самооценке. В графе 8 таблицы 1 дается оценка результативности СМК по критериям модели.

**Таблица 1.**

**Оценка результативности менеджмента качества**

№	Критерий	Доля критерия в модели премии		Полученный результат, баллы	Резерв		Результативность менеджмента качества, %
		%	баллы		баллы	%	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Лидирующая роль руководства	10	100	85,0	15	5,13	85,0
2	Политика и стратегия	10	100	77,5	22,5	7,69	77,5
3	Персонал	10	100	70,0	30	10,25	70,0
4	Партнерство и ресурсы	10	100	60,0	40	13,67	60,0
5	Процессы	10	100	52,5	47,5	16,24	52,5
6	Удовлетворенность потребителей	15	150	112,5	37,5	12,82	75,0
7	Удовлетворенность персонала	10	100	57,5	42,5	14,53	57,5
8	Влияние на общество	10	100	80,0	20	6,84	80,0
9	Результаты бизнеса	15	150	112,5	37,5	12,82	75,0
	Итого	100	1000	717,5	292,5	100	717,5

Относительную важность процессов повышения менеджмента качества определяем с помощью диаграммы Парето. Исходные данные для построения диаграммы Парето сведены в таблицу 2. Результаты оценивания представляют в виде ранжированного ряда в порядке убывания резерва, графы 2 и 3 таблицы 2. Кумулятивный итог резервов записывают в графу 4 таблицы 2.



*Таблица 2.*

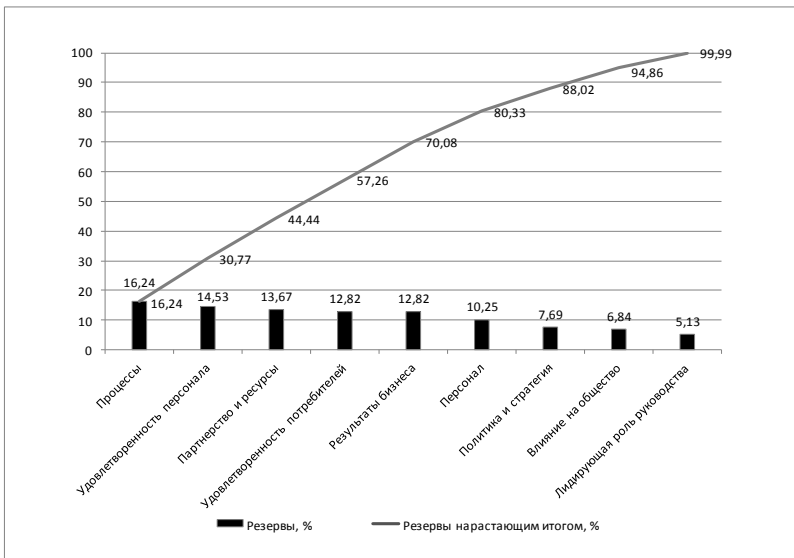
**Исходные данные для построения диаграммы Парето**

№	Критерии в порядке убывания резерва	Резерв, %	Кумулятивный итог резервов, %
1	2	3	4
5	Процессы	16,24	16,24
7	Удовлетворенность персонала	14,53	30,77
4	Партнерство и ресурсы	13,67	44,44
6	Удовлетворенность потребителей	12,82	57,26
9	Результаты бизнеса	12,82	70,08
3	Персонал	10,25	80,33
2	Политика и стратегия	7,69	88,02
8	Влияние на общество	6,84	94,86
1	Лидирующая роль руководства	5,13	99,99

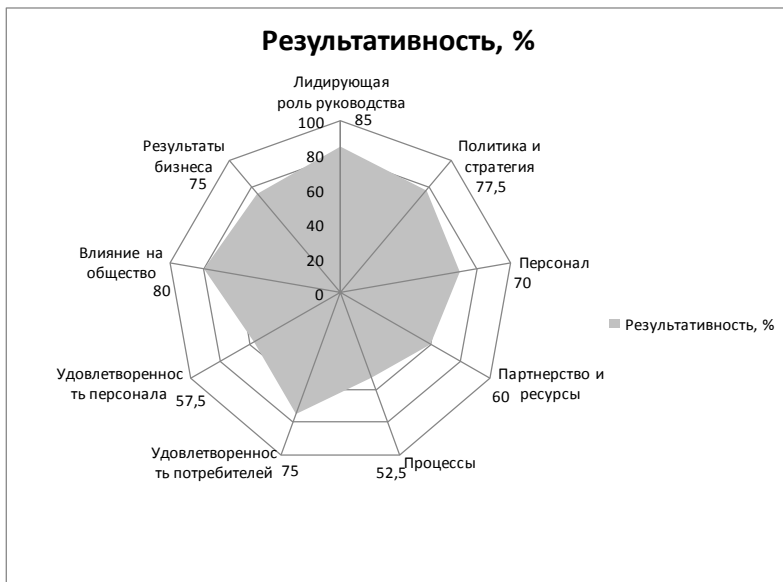
Графическая интерпретация полученных результатов показана на рисунках 3 и 4.

На рисунке 3 приведен столбчатый график. По оси абсцисс откладывают критерии в порядке убывания резерва, а по оси ординат — величину резерва в процентах. Строят кумулятивную сумму резерва (резервы нарастающим итогом). Определяют группу критериев, приводящих примерно к 80 % резервов от их общей суммы. Таким образом, примерно 80 % от общей суммы резервов обусловлено критериями: 5 — процессы; 7 — удовлетворенность персонала; 4 — партнерство и ресурсы; 6 — удовлетворенность потребителей; 8 — результаты бизнеса. Именно анализу критериев этой группы следует уделять внимание в первую очередь.

На рисунке 4 приведена лепестковая диаграмма, показывающая вклад каждого критерия оценки в результативность менеджмента качества.



**Рисунок 3. Диаграмма Парето**



**Рисунок 4. Лепестковая диаграмма**

Самооценка приобретает особую ценность лишь при увязывании ее результатов со стратегическим планированием. Объединение самооценки со стратегическим планированием особенно важно для организаций, реализующих программы инновационного развития.

### **Список литературы:**

1. Премии Правительства Российской Федерации в области качества. Руководство для организаций — участников конкурса 2013 года [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.vniis.ru/file/filemanager-1/DEFAULT/org.stretto.plugins.filemanager.core.Node/fileData/233843> (дата обращения 15.03.2014).
2. Р 50-601-45/1-2006 Рекомендации. Самооценка деятельности организации на соответствие критериям премий Правительства Российской Федерации в области качества 2006 года (для организаций с численностью работающих свыше 250 человек) [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://files.stroyinf.ru/Data1/46/46930/> (дата обращения 05.03.2014).
3. Салимова Т.А. Самооценка деятельности организации: учебное пособие/ Т.А. Салимова, Ю.Р. Еналеева. М.: Академический Проект, 2006. — 279 с.

## СЕКЦИЯ 11.

### НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

#### ФОРМИРОВАНИЕ УГЛЕРОДНЫХ ДЕНДРИТОВ В БАРЬЕРНОМ ГАЗОВОМ РАЗРЯДЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

**Богослов Евгений Александрович**

*канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Казанский национальный  
исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань  
E-mail: [bogoslov\\_kai@mail.ru](mailto:bogoslov_kai@mail.ru)*

**Воронина Елена Валентиновна**

*инженер-исследователь, ООО «Центр трансфера технологий»,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань  
E-mail: [info@nanort.ru](mailto:info@nanort.ru)*

**Данилаев Максим Петрович**

*д-р техн. наук, профессор, Казанский национальный  
исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань  
E-mail: [danilaev@mail.ru](mailto:danilaev@mail.ru)*

**Косско Игорь Александрович**

*д-р техн. наук, технический директор,  
ООО «Центр трансфера технологий»,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань  
E-mail: [igor.kossko@nanort.ru](mailto:igor.kossko@nanort.ru)*

**Морозов Олег Геннадьевич**

*д-р техн. наук, профессор, Казанский национальный  
исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань  
E-mail: [gmorozov-2010@mail.ru](mailto:gmorozov-2010@mail.ru)*

**Насыбуллин Айдар Ревкатович**

*канд. техн. наук, доцент, Казанский национальный  
исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань  
E-mail: [gmorozov-2010@mail.ru](mailto:gmorozov-2010@mail.ru)*

**Пашин Дмитрий Михайлович**

*д-р техн. наук, генеральный директор,  
ООО «Центр трансфера технологий»,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань  
E-mail: [info@nanort.ru](mailto:info@nanort.ru)*

## **CARBON DENDRITES FORMATION BY BARRIER ATMOSPHERIC PRESSURE DISCHARGE**

**Bogoslov Eugeniï**

*Ph. D., Senior Researcher,  
Kazan national research technical university by A.N.Tupolev (KNRTU),  
Russia, Republic of Tatarstan, Kazan*

**Voronina Elena**

*research engineer, Ltd “СТТ”,  
Russia, Republic of Tatarstan, Kazan*

**Danilaev Maxim**

*doctor of Sc, professor, KNRTU,  
Russia, Republic of Tatarstan, Kazan*

**Kosko Igor**

*doctor of Sc., Chief technical officer, Ltd “СТТ”,  
Russia, Republic of Tatarstan, Kazan*

**Morozov Oleg**

*doctor of Sc, professor, KNRTU, Russia, Republic of Tatarstan,  
Russia, Republic of Tatarstan, Kazan*

*Nasubullin Aidar*

*Ph. D., Assistant Professor, KNRTU  
Russia, Republic of Tatarstan, Kazan*

*Pashin Dmitrii*

*doctor of Sc, professor, Chief of Board of Directors, Ltd "СТТ",  
Russia, Republic of Tatarstan, Kazan*

## АННОТАЦИЯ

В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований формирования в барьерном разряде атмосферного давления углеродных дендритов, представляющих собой конгломераты углеродных субмикронных частиц. Эксперименты проводились с использованием в качестве исходного органического продукта мономера стирола, полученного путем деполимеризации полистирола.

## ABSTRACT

The experimental results of carbon dendrites formation by atmospheric pressure discharge are considered in that paper. The possibility of using polystyrene depolymerization products can for carbon dendrites growth in discharge was confirmed in that experiment.

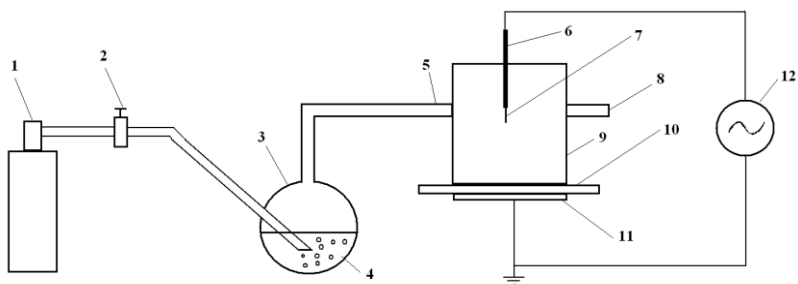
**Ключевые слова:** углеродные дендриты; барьерный разряд; полистирол.

**Key words:** carbon dendrites; polystyrene; atmospheric pressure discharge.

Углеродные субмикронные частицы наполнителя (например, карбонизированные или графитированные структуры) являются перспективным материалом для формирования композиционных полимеров с повышенными прочностными характеристиками. Такие композиционные полимеры по своим прочностным характеристикам и легкости значительно превосходят классические конструкционные материалы. В целом ряде работ [2, 3, 5] приводятся результаты исследований физико-технических свойств композиционных полимерных материалов, наполненных углеродными субмикронными частицами. Эти результаты подтверждают целесообразность разработки новых технологий, направленных на формирование, как углеродных субмикронных частиц, так и композиционных полимеров, наполненных этими частицами. В данной работе приведены результаты экспериментальных исследований формирования в барьерном разряде

атмосферного давления углеродных дендритов, представляющих собой конгломераты углеродных субмикронных частиц.

Структурная схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.



**Рисунок 1. Структурная схема экспериментальной установки:**

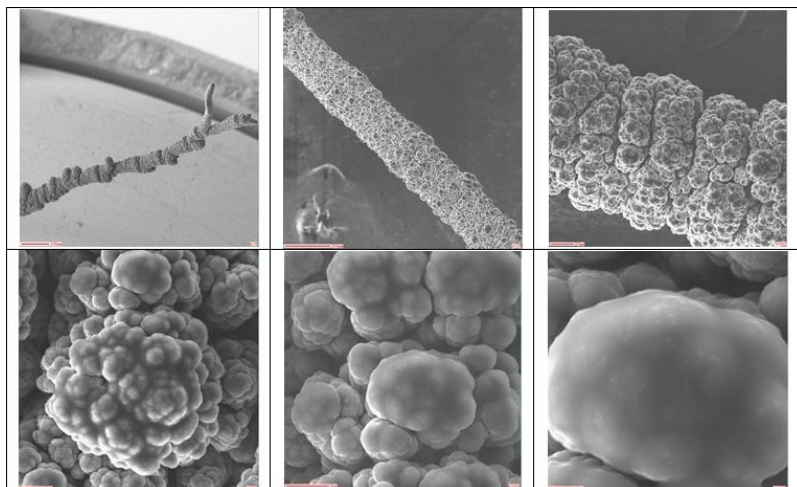
**1 — баллон с буферным газом, 2 — вентиль, 3 — устройство барботирования, 4 — продукты деполимеризации полистирола, 5 — входной штуцер, 6 — игольчатый электрод, 7 — углеродный дендрит, 8 — выходной штуцер, 9 — корпус плазмохимического реактора, 10 — диэлектрический барьер, 11 — плоский электрод, 12 — высоковольтный источник**

Буферный газ (аргон) через вентиль (2) подавался в устройство барботирования (3). Расход аргона в экспериментах составлял 200 мл/мин и регулировался с точностью  $\sim 10\%$ . Подача исходных органических продуктов (4) в плазмохимический реактор (9), из которых осуществлялось формирование углеродных дендритов осуществлялось через входной штуцер (5) с использованием устройства барботирования [4], в котором происходила организация многофазного газового потока аргона, мелкодисперсных капель жидкого мономера и паров этого же мономера. Эксперименты проводились с использованием в качестве исходного органического продукта мономера стирола, полученного путем деполимеризации полистирола [1]. Такой исходный органический продукт содержал тяжелые фракции углеродов. Система электродов разрядной камеры плазмохимического реактора имела конфигурацию «игла-плоскость»:

- игольчатый электрод (6) с радиусом закругления 0,5 мм. Материал электрода — сталь;
- плоский электрод (11) диаметром 10 см, покрытый керамикой толщиной 1,5 мм (диэлектрический барьер).

Плазма барьерного разряда формировалась источником высокого переменного напряжения (12) частотой 25 кГц. Напряженность электрического поля изменялась в пределах 0,6—3 кВ/см при мощности разряда ~250 Вт. Барьерный разряд загорался в атмосфере аргона с парами мономера. Визуальные наблюдения за разрядом осуществляются через прозрачное окно.

Формирование углеродных дендритов начиналось с образования одного или нескольких каналов на кончике острия игольчатого электрода. Рост дендритов сопровождался хаотическим ветвлением, изгибами, что является следствием процессов самоорганизации сложных структур. Типичные структуры дендритов, полученные в экспериментах, приведены на рис. 2.



**Рисунок 2. Углеродные дендриты. Изображения получены методом растровой электронной микроскопии (РЭМ)**

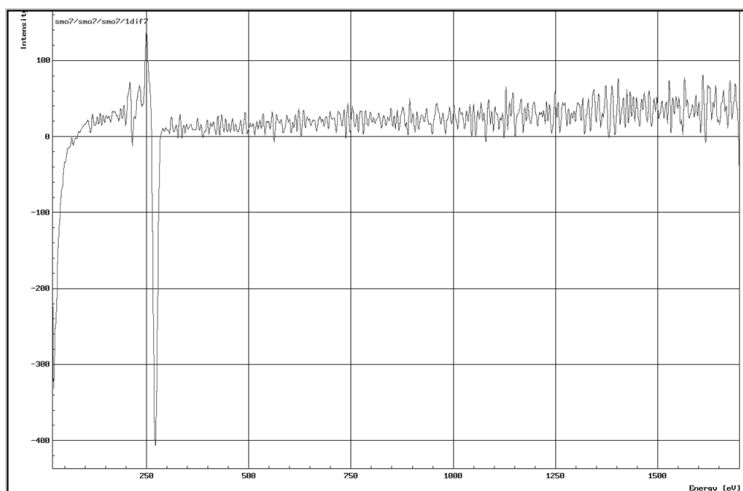
Структуры данного типа часто называют древовидными [6]. Увеличение амплитуды прикладываемого напряжения приводило к росту числа ветвей и формированию кустообразных структур. Рост углеродных дендритов продолжался до момента соприкосновения дендрита с диэлектрическим барьером (7). После увеличения расстояния между электродами рост дендритов возобновлялся.

В экспериментах было установлено, что минимальная мощность разряда, необходимая для формирования углеродных дендритов составляет ~200 Вт. С увеличением подводимой мощности происхо-

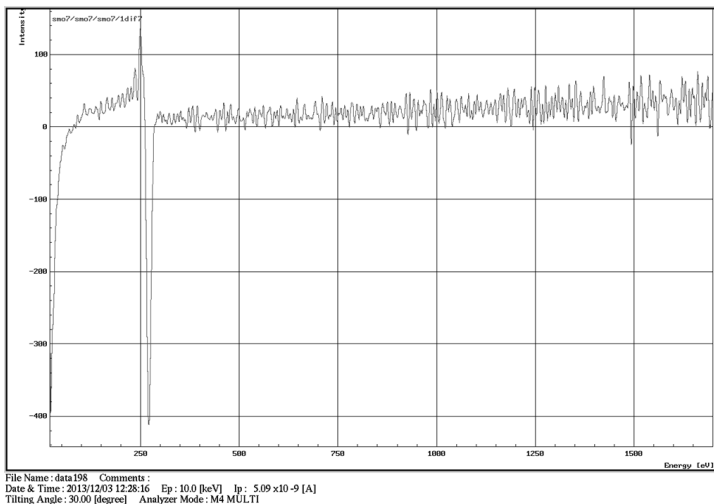


дило увеличение скорости роста дендритов. В экспериментах скорость роста дендритов составила порядка 1 мм/мин. Увеличение подводимой мощности выше порога  $\sim 300$  Вт приводило к срыву роста дендритов из-за сильного разогрева игольчатого электрода, вплоть до его оплавления. Рост дендритов сопровождался световым пульсирующим излучением на кончике дендрита с частотой пульсаций  $\sim 0,01$  Гц. Анализ химического состава и структуры дендритов проводился методами Ожеспектроскопии с использованием оже-электронного спектрометра Jamp-9500F (JEOL) и рентгеноструктурного анализа с использованием рентгеновского дифрактометра SmartLab (RIGAKU), соответственно.

Оже-спектры (рис.3) свидетельствуют об отсутствии примесей в углеродных дендритах. Относительно высокий уровень шума в спектрах обусловлен намеренным снижением дозы облучения образца для исключения артефактов, связанных с разрывом межмолекулярных связей, а также с зарядкой образца.

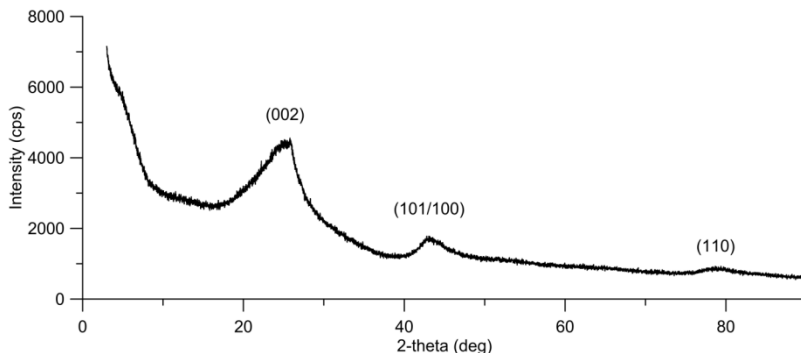


File Name : data199 Comments :  
Date & Time : 2013/12/03 12:50:33 Ep : 10.0 [keV] Ip : 5.10 x10<sup>-9</sup> [A]  
Tilting Angle : 30.00 [degree] Analyzer Mode : M4 MULTI



**Рисунок 3. Спектры Оже-электронов от различных углеродных дендритов**

Снятие рентгеновских дифрактограмм происходило по схеме Брэгга-Брентано в диапазоне углов  $2\theta$  от  $3^\circ$  до  $90^\circ$  с шагом  $0.02^\circ$  и временем регистрации в каждой точке, равном 1 с. Длина волны излучения  $\text{CuK}\alpha_1 = 1.5406 \text{ \AA}$ . Результаты исследований представлены на рис. 4.



**Рисунок 4. Рентгеновская дифрактограмма углеродных дендритов**

На дифрактограмме дендрита присутствуют три широких пика с центрами в углах  $2\theta \approx 25.54^\circ$ ,  $2\theta \approx 43.16^\circ$ ,  $2\theta \approx 78.33^\circ$ . Согласно

работе [8], в которой проводилось исследование аналогичных углеродных дендритных структур, положения данных пиков соответствуют отражениям от плоскостей (002), (101/100), (110), межплоскостные расстояния которых равны  $d_{002} \approx 3.485 \text{ \AA}$ ,  $d_{101/100} \approx 3.485 \text{ \AA}$ ,  $d_{110} \approx 3.485 \text{ \AA}$  соответственно. Близкие по значению положения дифракционных пиков также имеют класс «неграфитизированных» (не сформировавших полностью структуру графита) структур, включая стеклоуглерод [7], активированный углерод [9].

Таким образом, проведенные экспериментальные исследования показывают возможность использования продуктов деполимеризации полистирола для формирования углеродных дендритов. Элементный состав и структура полученных углеродных дендритов совпадает с соответствующими параметрами углеродных дендритов, полученных с использованием очищенных исходных продуктов (мономеров).

### Список литературы:

1. Анфиногентов В.И., Насыбуллин А.Р., Морозов О.Г., Морозов Г.А., Самигуллин Р.Р., Шакиров А.С. Выбор оптимальной структуры построения СВЧ-комплекса обработки термореактивных композитных материалов// Известия Самарского научного центра РАН. — 2012. — т. 14. — № 1(2). — с. 525—528.
2. Композиционные материалы. Справочник. (Под ред. В.В. Васильева.) М.: Машиностроение, 1990. — 512 с.
3. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. СПб.: НОТ, 2010. — 822 с.
4. Перепелкин К.Е. Газовые эмульсии. СПб.: Химия, 1979. — 197 с.
5. Chung D.L. Carbon Fiber Composites. Boston (USA, MA): Butterworth-Heinemann, 1994. — 215 p.
6. Dissado L.A., Fothergill J.C. Electrical Degradation and Breakdown in Polymers. London: Peregrinus, 1992.
7. Heiman A., Lakin E., Zolotoyabko E., Hoffman A.. Microstructure and stress in nano-crystalline diamond films deposited by DC glow discharge CVD. Diamond and Related Materials, 11, 2002, — pp. 601—607.
8. Kozak D., Shibata E., Iizuka A., Nakamura T. Growth of carbon dendrites on cathode above liquid ethanol using surface plasma. Carbon, vol. 70, April 2014, — pp. 87—94.
9. Zhao J., Yang L., Li F., Yu R., Jin Ch.. Structural evolution in the graphitization process of activated carbon by high-pressure sintering. Carbon, vol 47, 2009, — pp. 744—751.

**ОПТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ  
СВОЙСТВА ВОДНЫХ ВЗВЕСЕЙ  
НАНОЧАСТИЦ АЛМАЗА**

***Войтылов Алексей Владиславович***

*канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель  
Санкт-Петербургского Государственного Университета,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [voivv@mail.ru](mailto:voivv@mail.ru)*

***Петров Михаил Павлович***

*аспирант Санкт-Петербургского Государственного Университета,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [mihaeles@list.ru](mailto:mihaeles@list.ru)*

***Трусов Анатолий Анатольевич***

*д-р физ.-мат. наук, зав. каф. молекулярной биофизики  
Санкт-Петербургского Государственного Университета,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [trusov.a.a@mail.ru](mailto:trusov.a.a@mail.ru)*

***Войтылов Владислав Викторович***

*д-р физ.-мат. наук, профессор  
Санкт-Петербургского Государственного Университета,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [vojtylov@gmail.com](mailto:vojtylov@gmail.com)*

***Клемешев Сергей Алексеевич***

*инженер Санкт-Петербургского Государственного Университета,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [s\\_alexeevich@mail.ru](mailto:s_alexeevich@mail.ru)*

# OPTICAL AND ELECTRO-OPTICAL PROPERTIES OF AQUEOUS SUSPENSIONS OF DIAMOND NANOPARTICLES

**Alexey Voitylov**

*candidate of science, senior lecturer at Saint Petersburg State University,  
Russia, Saint-Petersburg*

**Mikhail Petrov**

*post-graduate student at Saint Petersburg State University,  
Russia, Saint-Petersburg*

**Anatoly Trusov**

*doctor of science, head of molecular biophysics department  
at Saint Petersburg State University,  
Russia, Saint-Petersburg*

**Vladislav Vojtylov**

*doctor of science, professor at Saint Petersburg State University,  
Russia, Saint-Petersburg*

**Sergey Klemeshev**

*engineer at Saint Petersburg State University,  
Russia, Saint-Petersburg*

## АННОТАЦИЯ

В настоящей работе рассмотрены оптические свойства водных взвесей наночастиц алмаза размером от 100 до 1000 нм. Показано, что приложение электрического поля меняет интенсивности прошедшего и рассеянного света, а также степень деполяризации рассеянного света. Исследования электрооптических эффектов в взвеси наночастиц алмаза позволили определить функции распределения частиц по размерам и значениям анизотропии поляризуемости, связанной с их анизотропией формы и удельной поверхностной проводимостью частиц.

## ABSTRACT

In this paper we consider the optical properties of aqueous suspensions of diamond nanoparticles with size from 100 to 1000 nm. It is shown that the application of electric field changes the light intensity of the scattered and transmitted light, as well as the depolarization

of scattered light. The study of electro-optical effects in the suspension of nanoparticles of diamond allowed to determine the distribution functions of particles on size and polarizability anisotropy, which is connected to particle shape anisotropy and specific surface conductivity.

**Ключевые слова:** частицы алмаза; светорассеяние; деполяризация рассеянного света; электрооптический эффект; распределение по размерам; поверхностная проводимость

**Keywords:** Diamond particles; light scattering; depolarization of scattered light; Electro-optical effect; distribution of particle sizes; surface conductivity

### **Введение**

Частицы алмаза субмикронного размера широко используются в целом ряде отраслей промышленности, обладая высокой жесткостью и практически не образуя агрегатов, в которых частицы были бы связаны силами притяжения большой величины. Наиболее часто они употребляются в шлифовальных пастах и иных дисперсных системах, которые могут быть получены разведением дисперсной фазы в водной среде. Однако во всех случаях требуется контроль размеров частиц дисперсной фазы алмаза. Прямой контроль размеров и формы частиц дисперсной фазы проводится электронно-микроскопическими наблюдениями, требующими больших затрат времени, связанных с получением разбавленной коллоидной суспензии алмаза, высушиванием ее, закрепляя на подложке отдельные частицы а не сгустки из них. Такой метод трудно использовать для непрерывного и не дорогостоящего анализа дисперсной фазы алмаза. Для анализа дисперсной фазы можно использовать оптические свойства суспензий алмаза, изучая, например, взвесь частиц алмаза в воде [8]. Такие взвеси существенно рассеивают свет, что делает их диагностику методами светорассеяния легкой и точной. Если размеры частиц не превышают 100 нм, то для определения размеров и распределения по ним вполне пригоден метод динамического светорассеяния, подробно рассмотренный в монографии [6]. Если же размеры частиц более 100 нм, то рассеяние света этим методом менее надежно. А именно, автокорреляционные функции интенсивности существенно меняются при изменении поляризации падающего или рассеянного света. Использование метода динамического светорассеяния осложняется тем, что флуктуации рассеяния, обусловленные поступательным движением частиц одних размеров,

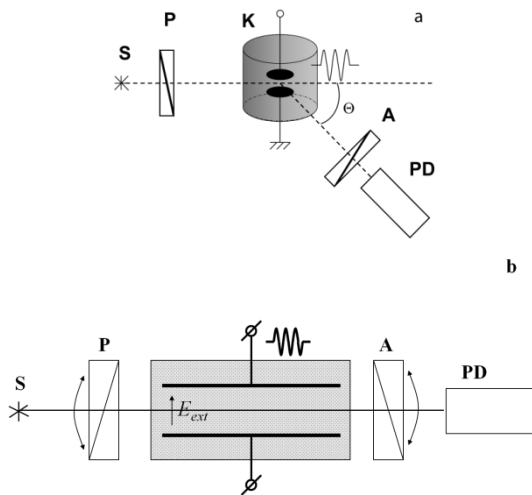
накладываются на флуктуации вращательного движения частиц другого размера, что делает сложным решение обратных задач динамического светорассеяния.

В данной работе представлены результаты исследования оптических свойств водных систем, в которых взвешены частицы алмаза, соизмеримые с длиной световой волны. Проведен анализ статического рассеяния света, требующего более простой и дешевой аппаратуры, чем в случае динамического светорассеяния. Исследовано также влияние электрического поля, которое меняет оптические свойства системы, только по причине их ориентационной упорядоченности и вращательного движения. Это существенно упрощает определение характеристик частиц, как геометрических, так и электрических.

### Техника эксперимента и измеряемые величины

При определении рефракции исследуемых систем использовался рефрактометр Релея, в котором показатель преломления воды сравнивался с показателем преломления исследуемых систем.

Для исследований рассеяния разработана и создана экспериментальная установка, схема оптической части которой представлена на Рис. 1а.



**Рисунок 1. Оптические схемы экспериментальных установок для исследования рассеяния (а) и мутности (б). S — источник света; P — поляризатор; K — кювета с электродами и рассеивающей свет системой; A — анализатор; PD — фотоприемник**

Луч падающего света создавался полупроводниковым лазером с длиной волны 635 нм. Направление линейной поляризации падающего и принимаемого фотоприемником лучей определялось поляризатором и анализатором. Плоскость поляризации горизонтальна, а прикладываемое к кювете синусоидальное поле вертикально. Поле прикладывалось импульсами длительностью не более 0,1 с, имело частоту 5 кГц, величина эффективной напряженности поля могла меняться от нуля до 1200 В/см. Угол расходимости регистрируемого рассеянного пучка света не превышал  $2^\circ$ , угол рассеяния задавался с точностью  $1^\circ$ . Данная установка позволяла измерять интенсивности рассеянного света  $V$  и  $H$  поляризованного вертикально и горизонтально, соответственно, при вертикальной  $V$  и  $H$  горизонтальной поляризации падающего света, отмеченной подстрочными индексами. Если измерения проводились под воздействием на систему электрического поля, то использован надстрочный индекс  $E$ .

При измерении мутности круглая кювета заменялась на прямоугольную ячейку Керра, а угол рассеяния  $\Theta$  выставлялся равным нулю, как изображено на Рис. 16. В этом случае измерялись интенсивности прошедшего света  $J_v$  и  $J_h$ , для которого падающий свет интенсивности  $J_0$  поляризован вертикально и горизонтально. В этих измерениях плоскости поляризации падающего и прошедшего света совпадали.

#### **Характеристики прошедшего и рассеянного света**

Исследования оптических характеристик водных растворов частиц синтетического алмаза проводились при различных концентрациях частиц. Согласно снимкам таких частиц на подложке, выполненным при помощи электронного микроскопа, наиболее вероятные размеры частиц лежали в области 400—450 нм, но также встречались частицы с размерами менее 100 и более 700 нм. Частицы слабо вытянуты и среднее отношение наибольшего к наименьшему размеру частицы можно считать равным 1,2—1,25. Определить, имеются ли агрегаты прочно соединенных частиц, не удавалось.

Мутность исследуемых систем зависит от интенсивности прошедшего ячейку Керра света. Ее можно охарактеризовать константами ослабления света:



$$K_v = \frac{1}{l} \ln\left(\frac{J_0}{J_v}\right), \quad K_h = \frac{1}{l} \ln\left(\frac{J_0}{J_h}\right), \quad K_v^E = \frac{1}{l} \ln\left(\frac{J_0}{J_v^E}\right)$$

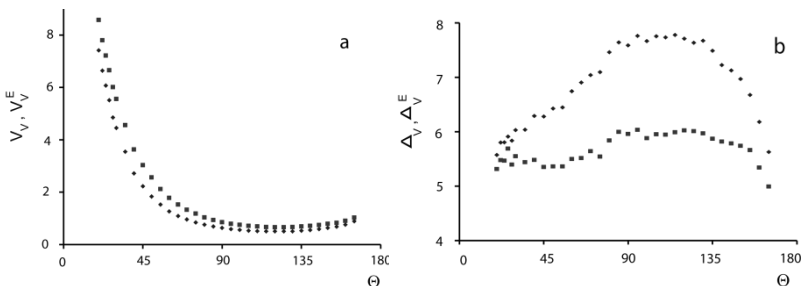
$$\text{и } K_h^E = \frac{1}{l} \ln\left(\frac{J_0}{J_h^E}\right).$$
(1)

Здесь  $l$  — длина ячейки Керра. Без приложения поля система изотропна и  $K \equiv K_v = K_h$ , ориентация частиц в поле делает систему анизотропной и  $K_v^E \neq K_h^E$ .

При увеличении концентрации взвешенных частиц интенсивность света, проходящего ячейку Керра длиной 5 см уменьшалась более, чем на десятичный порядок, при этом константа  $K$  возрастала от нуля до значения  $K = 0.5 \text{ см}^{-1}$ , однако отклонения показателя преломления систем с частицами от показателя преломления воды не наблюдалось. В исследованиях показателя преломления анализировались: угол преломления света призмой, заполненной исследуемой системой; угол полного внутреннего отражения; сдвиг интерференционных полос в рефрактометре Релея. Интерференционный метод наиболее точен и позволял определять изменения показателя преломления систем с точностью  $\Delta n = 2 \cdot 10^{-6}$ , однако и при использовании этого метода не удалось зарегистрировать отличие показателя преломления раствора от показателя преломления воды. Это делало неэффективным использование рефрактометрического метода для анализа частиц, а их характеристики следует связывать с особенностями рассеяния света взвесями.

Такие характеристики могут быть получены при исследовании индикатрис рассеянного света разных поляризаций и степени деполяризации при разных углах рассеяния. Были измерены индикатрисы светорассеяния, а также степени деполяризации рассеянного света  $\Delta_v = \frac{H_v}{V_v}$  и  $\Delta_H = \frac{V_h}{H_h}$ . Угловые зависимости  $V_v(\Theta)$ ,  $V_v^E(\Theta)$ ,  $\Delta_v(\Theta)$  и  $\Delta_v^E(\Theta)$  представлены на Рис. 2. Для деполяризованных компонент рассеянного света в системах с хаотической концентрацией частиц проверено, что выполняется теорема обратимости Релея, а именно  $V_h = H_v$  при всех углах

рассеяния и не зависимо от характера рассеяния света частицами. В электрическом поле частицы в растворе ориентируются и  $V_h^E \neq H_v^E$ . Для исследованной системы  $V_v < V_v^E$  и  $H_h < H_h^E$  при всех углах рассеяния, а  $\Delta_v > \Delta_v^E$ , и  $\Delta_H \approx \Delta_H^E$ . Независимость  $\Delta_H$  от величины поля согласуется с тем, что для частиц, соизмеримых с длиной волны света,  $\Delta_H$  главным образом определяется квадрупольным рассеянием, которое практически не меняется при ориентации столь слабо вытянутых частиц алмаза. Существенное квадрупольное рассеяние света частицами также подтверждают зависимости  $\Delta_v$  и  $\Delta_H$  от угла рассеяния.



**Рисунок 2. Индикатрисы (а) и степень деполаризации (б) рассеянного света частицами алмаза при хаотической (♦) и полной (■) ориентации частиц в поле**

В выше рассмотренных исследованиях величины, измеренные в поле отвечают насыщенной ориентации частиц вдоль поля, когда увеличение поля перестает влиять на их изменение.

Ассиметрия индикатрис светорассеяния, может быть использована для определения размеров частиц [4]. Для частиц алмаза  $V_v(45^\circ) / V_v(135^\circ) = 4.24$  и, если полагать частицы сферами одного диаметра, то их диаметр  $d \approx 0.3$  мкм. Полученный размер частиц меньше наиболее вероятного, определенных при помощи электронного микроскопа. Это связано с использованием монодисперсного приближения к полидисперсной системе. Более детальную информацию о частицах можно получить, исследуя изменения оптических характеристик систем в полях разной

напряженности и после выключения поля. Такие исследования позволяют учесть полидисперсность систем.

### Изучение полидисперсности и поляризуемости частиц алмаза

Здесь мы более детально остановимся на двух характеристиках, возникающих при создании ориентационной упорядоченности частиц. Первая — относительное изменение интенсивности рассеянного света, вторая — разность коэффициентов экстинкции. Для падающего и рассеянного света, поляризованных вертикально можем написать

$$\delta V_v = \frac{V_v^E - V_v}{V_v} \quad (2)$$

а зависимость мутности от направления поляризации падающего света характеризует дихроизм, обусловленный рассеянием системой света

$$N = (K_v^E - K_h^E)l = \ln(J_h^E / J_v^E) \quad (3)$$

В монодисперсном приближении эти характеристики меняются пропорционально функции  $\Phi$  ориентационного порядка,  $\delta V_v = \delta V_v^0 \cdot \Phi$  и  $N = \Delta K \cdot \Phi$ , которая равна нулю при хаотической и единице при полной ориентации частиц. Здесь оптические веса  $\delta V_v^0$  и  $\Delta K$  соответствуют значениям  $\delta V_v$  и  $A$  при насыщенной ориентации частиц. Величина  $\delta V_v^0$  зависит от угла рассеяния. Если частицы ориентировать синусоидальным полем радиочастоты, то степень ориентационного порядка частиц при их стационарной ориентации  $\Phi_{st}$  определяется их анизотропией электрической поляризуемости  $\gamma$  и напряженностью  $E$  эффективного поля [9]

$$\Phi_{st}(\gamma E^2) = \frac{3}{2} \cdot \int_0^1 x^2 \exp\left(\frac{\gamma E^2 x^2}{2kT}\right) dx \bigg/ \int_0^1 \exp\left(\frac{\gamma E^2 x^2}{2kT}\right) dx - \frac{1}{2} \quad (4)$$

При релаксации из состояния насыщенной ориентации частиц функция  $\Phi_{rel}$  ориентационного порядка зависит от времени  $t$  и констант вращательной диффузии частиц  $D$  [9]

$$\Phi_{rel}(Dt) = \exp(-6Dt) \quad (5)$$

Полагая частицы эллипсоидами вращения можно определить анизотропию поляризуемости частиц, как разность  $\gamma = \gamma_{\parallel} - \gamma_{\perp}$  поляризуемостей вдоль и перпендикулярно оси эллипсоида, где [1, 2]

$$\gamma_{\parallel} = \frac{\varepsilon ab^2}{3} \left( \frac{3I_{\parallel}Z}{2b} - 1 \right) / \left( 1 + A_{\parallel} \left( \frac{3I_{\parallel}Z}{2b} - 1 \right) \right), \quad (6)$$

$$\gamma_{\perp} = \frac{\varepsilon ab^2}{3} \left( \frac{3I_{\perp}Z}{2b} - 1 \right) / \left( 1 + \frac{1 - A_{\parallel}}{2} \left( \frac{3I_{\perp}Z}{2b} - 1 \right) \right), \quad (7)$$

Входящие в (6) и (7)  $a$  и  $b$  — полуоси эллипсоида, а коэффициенты  $I_{\parallel}$ ,  $I_{\perp}$  и  $c$  определяются отношением полуосей эллипсоида  $p = a/b > 1$ ,

$$c = p / \sqrt{p^2 - 1}, \quad I_{\parallel} = c(2 - c^2) \arcsin\left(\frac{1}{c}\right) + \frac{c^2}{p},$$

$$I_{\perp} = \frac{p^2 + 1}{p} + \frac{c^2}{2p} - pc^2 + \frac{c^3}{2} \arcsin\left(\frac{1}{c}\right),$$

$$A_{\parallel} = \frac{c^3}{2p} \ln\left(\frac{c+1}{c-1}\right) - \frac{c^2}{2}.$$

Параметр  $Z$  не зависит от размеров и формы частиц, а определяется отношением удельных поверхностной проводимости  $\kappa^{\sigma}$  к объемной проводимости электролита  $\kappa$ , окружающей частицу,  $Z = \kappa^{\sigma} / \kappa$ ,  $\varepsilon$  — диэлектрическая проницаемость дисперсионной среды вокруг частиц.

Константу вращательной диффузии, определяющую релаксационные зависимости, также можно выразить через размеры и форму эллипсоида вращения и вязкость среды  $\eta$  [7]

$$D = \frac{3kT}{16\pi\eta ab^2} \left( \frac{c(c^2-1)}{2(p^2+1)} \cdot \ln \left( \frac{c+1}{c-1} \right) - \frac{c^2}{p^2+1} \right). \quad (8)$$

В полидисперсной системе при стационарной ориентации частиц на зависимости  $\delta V_v(E^2)$  и  $N(E^2)$  влияет функция распределения частиц по их значениям анизотропии поляризуемости  $\varphi(\gamma)$ . Эти зависимости можно представить соотношениями

$$\delta V_v(E^2) = \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \Phi_{\pi}(\gamma E^2) \delta V_v^0 \varphi(\gamma) d\gamma, \quad (9)$$

$$N(E^2) = \int_{\gamma_1}^{\gamma_2} \Phi_{\pi}(\gamma E^2) \Delta K \varphi(\gamma) d\gamma. \quad (10)$$

Кривые релаксации  $\delta V_v(t)$  и  $N(t)$  зависят от функции распределения частиц по константам их вращательной диффузии  $\varphi(D)$ . Вместо входящего в (6)—(8) произведения  $ab^2$  можно использовать  $r^3$ , полагая  $ab^2 = r^3$ , где  $r$  — радиус сферы, объем которой равен объему частицы. Тогда  $D$  является известной функцией  $r$  и  $P$ , а  $\gamma$  — известная функция  $r, P$  и  $Z$ . Это позволяет ввести функцию распределения частиц по размерам  $\varphi(r)$  и связать ее с функциями  $\varphi(\gamma)$  и  $\varphi(D)$  соотношениями

$$\varphi(\gamma) = \varphi(r) \frac{dr}{d\gamma} \quad \text{и} \quad \varphi(D) = \varphi(r) \frac{dr}{dD}. \quad (11)$$

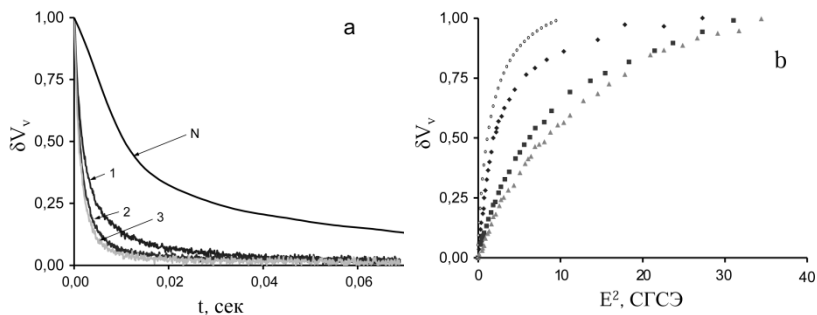
При совместном анализе стационарных эффектов и их релаксации в полидисперсной системе целесообразно использовать функции распределения  $\varphi(r)$ . Кривые релаксации можно выразить соотношениями

$$\delta V_v(t) = \int_{r1}^{r2} \Phi_{rsi} (D(r, p) \cdot t) \delta V_v^0 \varphi(r) dr \quad (12)$$

$$N(t) = \int_{r1}^{r2} \Phi_{rsi} (D(r, p) \cdot t) \Delta K \varphi(r) dr \quad (13)$$

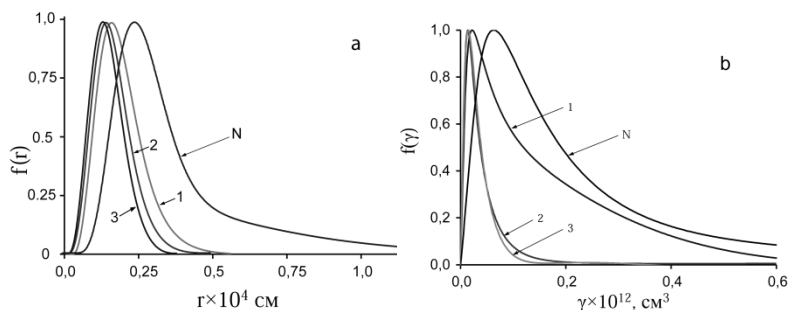
Соотношения (12) и (13) можно рассматривать как интегральные уравнения для определения функций  $f_V(r) = \delta V_v^0 \varphi(r)$  и  $f_K(r) = \Delta K \varphi(r)$ , если экспериментально определены зависимости  $\delta V_v(t)$  и  $N(t)$ . Функции  $f_V(r)$ , определенные при разных углах рассеяния, могут несколько различаться между собой и отличаться от функции  $f_K(r)$ , так как входящие в них оптические веса  $\delta V_v^0$  и  $\Delta K$  имеют различающиеся зависимости от размеров частиц. Если определена функция распределения  $f_V(r)$  или  $f_K(r)$ , то использование соотношений (6) и (7) позволяет рассчитать  $\delta V_v(E^2)$  или  $N(E^2)$  при заданном параметре  $Z$ . Сопоставление рассчитанных и экспериментально определенных зависимостей позволяет определить истинное значение  $Z$  и использовать его при расчете тензора поляризуемости конкретных частиц, используя формулы (6) и (7).

Нами были экспериментально определены зависимости  $\delta V_v(E^2)$  и  $\delta V_v(t)$  при углах рассеяния  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $135^\circ$ . Также экспериментально определены зависимости  $N(E^2)$  и  $N(t)$ . Все эти зависимости представлены на Рис. 3.



**Рисунок 3. Релаксация из состояния насыщенной ориентации (а) при углах рассеяния  $45^{\circ}$  (1),  $90^{\circ}$  (2),  $135^{\circ}$  (3), дихроизм (N) и зависимость стационарного электрооптического эффекта от поля (б) при углах рассеяния  $45^{\circ}$  (◆),  $90^{\circ}$  (■),  $135^{\circ}$  (▲), дихроизм (○) для водной взвеси алмаза**

По релаксационным зависимостям, изображенным на Рис. 3а рассчитаны функции распределения  $f_V(r)$  и  $f_K(r)$ , как методом нулевой регуляризации Лаврентьева [3], так и методом штрафных функций [5]. Эти функции представлены на Рис. 4а. Эти же методы были использованы для определения функций распределения  $f_V(\gamma)$  и  $f_K(\gamma)$  при решении интегральных уравнений (9) и (10). Рассчитанные функции  $f_V(\gamma)$  и  $f_K(\gamma)$  представлены на Рис. 4б.



**Рисунок 4. Функции распределения частиц алмаза по размерам и анизотропии поляризуемости, полученные при углах рассеяния  $45^{\circ}$  (1),  $90^{\circ}$  (2),  $135^{\circ}$  (3), дихроизм (N)**

Функции  $f_V(r)$  и зависимости  $\delta V_V(E^2)$  определенные при трех углах рассеяния использованы для расчета константы  $Z$ , Функции  $f_V(\gamma)$  использованы для определения средних значений анизотропии поляризуемости  $\langle \gamma \rangle$  частиц, вносящих вклад в величину  $\delta V_V$  при заданном угле рассеяния. Функции  $f_V(r)$  использованы для определения средних значений объема  $\langle V \rangle$  и наиболее вероятного радиуса  $r_{\max}$  частиц, вносящих вклад в величину  $\delta V_V$  при заданном угле рассеяния. Значения  $\langle \gamma \rangle$ ,  $Z$ ,  $\langle V \rangle$  и  $r_{\max}$  представлены в таблице 1 для трех углов рассеяния. Значения  $Z$  должны быть одинаковы для всех углов рассеяния, так как определяются только электрическими свойствами поверхности частиц и дисперсионной среды. Наблюдаемый в таблице разброс  $Z$  может определяться неточностью функций распределения.

**Таблица 1.**

**Расчетов для частиц алмаза при  $p = 1.25$**

Угол рассеяния	$\langle \gamma \rangle \times 10^3$ (см <sup>3</sup> )	$Z \times 10^5$ (см)	$\langle v \rangle \times 10^3$ (см <sup>3</sup> )	$r_{\max} \times 10^4$ (см)
45°	1,9	0,76	1,53	0,22
90°	0,71	0,70	0,82	0,19
135°	0,70	0,61	0,54	0,18

Среднее значение  $Z = 0.68 \cdot 10^{-5}$  см было использовано для расчета зависимости  $N(E^2)$ . Результаты расчета хорошо согласуются с экспериментально определенной зависимостью  $N(E^2)$ .

**Выводы**

Проведенные исследования показывают, что геометрические и электрические характеристики частиц дисперсной фазы алмаза могут быть надежно определены при использовании недорогой аппаратуры по рассеянию света, если в исследованиях использовать электрическое поле и определять изменения характеристик рассеянного и прошедшего света взвесями частиц.



Такие исследования позволяют определять не только средние значения параметров частиц в исследуемом образце, но и распределения частиц по их геометрическим и электрическим параметрам.

### **Список литературы:**

1. Еремова Ю.Я., Шилов В.Н. Продольная поляризация непроводящих частиц в однородном постоянном электрическом поле. Колл. Жур. — т. 37, — № 4, — 1975. — с. 635—639.
2. Еремова Ю.Я., Шилов В.Н. Поперечная поляризация непроводящих частиц в однородном постоянном электрическом поле. Колл. Жур. — т. 37, — № 6, — 1975. — с. 1090—1095.
3. Сизиков В.С. Математические методы обработки результатов измерений. СПб: Политехника, 2001. — 240 с.
4. Эскин В.Е. Рассеяние света растворами полимеров. М.: "Наука", 1973, — 352 с.
5. Babadzanjanz L., Voitylov A. Numerical methods for inverse problems in electrooptics of polydisperse colloids. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. Vol. 56, — Issues 1–2, — 2007. — pp. 121—125.
6. Berne B.J., Pecora R. Dynamic light scattering: with applications to Chemistry, Biology and Physics. Dover Publications Inc., 2000, — 376 p.
7. Perrin F. Mouvement brownien d'un ellipsoïde I. Dispersion diélectrique pour des molécules ellipsoïdales. J. Phys. Radium. — v. 5, — 1934. — p. 497—511.
8. Spartakov A.A., Trusov A.V., Voitylov A.V., Vojtylov V.V. Chap.7. P. 193—227. in Molecular and Colloid Electro-Optics, ed. By Stoylov S. and Stoimenova M., 2006. London, N.Y.: CRC Press. — 594 p.
9. Trusov A.A., Vojtylov V.V. Electrooptics and conductometry of polydisperse systems. CRC Press, Boca Raton, London, Tokyo, 1993. — 145 p.

Научное издание

## «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Сборник статей по материалам  
XXXII международной научно-практической конференции

№ 3 (28)

Март 2014 г.

Подписано в печать 04.04.14. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 10,125. Тираж 550 экз.

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

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