



МАТЕРИАЛЫ XXII МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

**ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –  
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

Новосибирск, 2013 г.

УДК 62  
ББК 30  
Т38

**Т38 «Технические науки — от теории к практике»:** материалы XXII международной заочной научно-практической конференции. (11 июня 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 104 с.

ISBN 978-5-4379-0300-1

Сборник трудов XXII международной заочной научно-практической конференции «Технические науки — от теории к практике» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных технических наук.

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

Рецензенты:

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

— *Ахметов Сайранбек Махсутович* — д-р техн. наук, профессор. Ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем;

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

ISBN 978-5-4379-0300-1

ББК 30

© НП «СибАК», 2013 г.

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление</b>	<b>6</b>
АРХИТЕКТУРА ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ С НЕНОРМАЛИЗОВАННЫМИ ОТНОШЕНИЯМИ Григорович Андрей Геннадиевич	6
<b>Секция 2. Энергетика и энергетические техника и технологии</b>	<b>11</b>
ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ ЛАМП УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ Бондарев Андрей Владимирович Зверев Валерий Александрович	11
К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОДНОФАЗНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ Трофимова Светлана Николаевна Максимов Сергей Павлович	15
<b>Секция 3. Горная и строительная техника и технологии</b>	<b>23</b>
УПРУГИЕ ОПОРЫ ВИБРАЦИОННЫХ СИТ ДЛЯ ОЧИСТКИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ Нестеренко Николай Петрович Молчанов Петр Александрович Гвоздев Павел Валерьевич	23
<b>Секция 4. Транспорт и связь, кораблестроение</b>	<b>29</b>
МЕТОДЫ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ВИБРАЦИИ И ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ ДЛЯ СИСТЕМ БОРТОВОЙ ДИАГНОСТИКИ Гончаров Олег Юрьевич	29
<b>Секция 5. Строительство и архитектура</b>	<b>34</b>
ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОЛОКОН НА СВОЙСТВА ФИБРОБЕТОНОВ Ахмеднабиев Расул Магомедович Калиман Алексей Михайлович Кравчук Николай Юрьевич	34

ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГЛИН Лымарь Елена Анатольевна	43
О НАПРЯЖЁННОМ СОСТОЯНИИ СВАРНЫХ УЗЛОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ Михайленко Татьяна Георгиевна	50
<b>Секция 6. Химическая техника и технология</b>	<b>56</b>
ТЕНДЕНЦИИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД Еськин Антон Андреевич Амёхина Антонина Валерьевна Слепенчук Александр Андреевич	56
ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ НИЗКОЙ СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА Муллина Эльвэтра Ринатовна Мишурина Ольга Алексеевна Чупрова Лариса Васильевна	64
<b>Секция 7. Технология продовольственных продуктов</b>	<b>70</b>
ИКОРНЫЙ ПРОДУКТ НА ОСНОВЕ ОТСТОЯ ИЗ МОРОЖЕНЫХ ЯСЫКОВ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ Сурикова Анастасия Александровна Шульгина Лидия Васильевна	70
ВЛИЯНИЕ МАСЛЯНЫХ ЭКСТРАКТОВ ПРЯНОСТЕЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ КУЛИНАРНЫХ ПРОДУКТОВ Шульгина Лидия Васильевна Лаженцева Любовь Юрьевна	76
<b>Секция 8. Приборостроение, метрология, радиотехника</b>	<b>81</b>
КОНТРОЛЬ ОТВЕРСТИЙ КАЛИБРАМИ Касенов Асылбек Жумабекович Сагындыкова Жанаргуль Мадениетовна	81
ДЕМПФИРОВАНИЕ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ Нестеров Максим Александрович Наумов Сергей Геннадиевич	85

АВТОНОМНОЕ ДЕМПФИРОВАНИЕ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ Ястребова Екатерина Александровна Наумов Сергей Геннадиевич	91
---	----

**Секция 9. Электротехника** **98**

ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ МОЛОКА КОМПЛЕКСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ РАЗНЫХ ДЛИН ВОЛН Родионова Анастасия Валерьевна	98
--	----

**СЕКЦИЯ 1.**  
**ИНФОРМАТИКА,**  
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА**  
**И УПРАВЛЕНИЕ**

**АРХИТЕКТУРА ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ**  
**С НЕНОРМАЛИЗОВАННЫМИ**  
**ОТНОШЕНИЯМИ**

*Григорович Андрей Геннадиевич*  
*старший преподаватель Дрогобычского*  
*государственного педагогического университета им. И. Франко,*  
*г. Дрогобыч, Украина*  
*E-mail: [a\\_grygorovych@mail.ru](mailto:a_grygorovych@mail.ru)*

**THE ARCHITECTURE OF DATA WAREHOUSE**  
**WITH UNNORMALIZED RELATIONS**

*Grygorovych Andrey*  
*senior lecturer of Drohobych State Pedagogical University named after*  
*Ivan Franko, Drohobych, Ukraine*

**АННОТАЦИЯ**

Построена трехуровневая архитектура хранилища данных с ненормализованными отношениями. Предложен метод представления ненормализованных отношений гиперкубом данных. Предложенная архитектура использована при реализации хранилища данных «Поликлиника» + «Участковый терапевт».

**ABSTRACT**

There is built the three-level architecture data warehouse with unnormalized relations. We propose a method of presenting unnormalized relations by hypercube data. There is proposed the architecture used in the realization of data warehouse "clinic" + " district therapist".

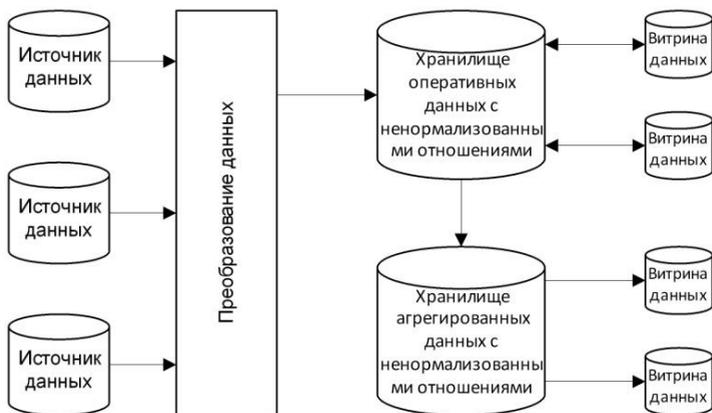
**Ключевые слова:** ненормализованные отношения; вложенные отношения; хранилище данных; архитектура; гиперкуб данных.

**Keywords:** unnormalized relations; nested relations; data warehouse architecture; data hypercube.

В связи с массовым внедрением ИТ-средств во все сферы деятельности человечества, проблема автоматизации и оптимизации процессов обработки разнотипных данных, которые хранятся в разных системах с разными методами доступа, относится к наиболее актуальным проблемам. Этим вопросам посвящено множество как теоретических, так и прикладных исследований. Но до этого времени не решенным остается значительное количество задач, посвященных исследованию методов и средств представления, хранения и поиска объектов с учетом их структуры, связей и составных частей. В частности, проблема представления сложных объектов в хранилищах данных (ХД) с ненормализованными отношениями (ННО).

Понятие ННО впервые было введено в [4]. В [5] дано интуитивное определение ННО: «везде, где разрешены атомарные значения, разрешены также отношения, то есть допускаются отношения в составе отношений». Разработкой архитектуры ХД занимались W. Inmon, R. Kimball, С. Асадуллаев [2, 3, 1]. Статья посвящена решению задачи построения архитектуры ХД с ННО.

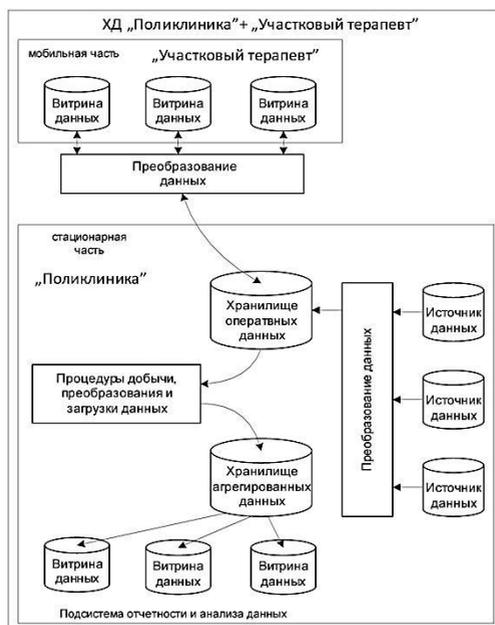
При построении ХД на основе ННО используем трехуровневую архитектуру (рис. 1).



**Рисунок 1. Архитектура ХД с ННО**

На первом уровне находятся источники данных и справочные системы. Второй уровень включает хранилище оперативных данных и хранилище агрегированных данных. Хранилище оперативных данных выполняет две основные функции: 1 — оно содержит данные из источников данных первого уровня, которые после соответствующей обработки загружают в хранилище агрегированных данных, 2 — является источником оперативной информации для витрин данных (ВД), которые решают задачи оперативного управления. Хранилище агрегированных данных содержит агрегированные данные, которые вычисляют на основе данных хранилища оперативных данных. На третьем уровне — предметно-ориентированные ВД. В зависимости от специфики задач, которые решают с помощью ВД, для одних ВД источником информации является хранилище агрегированных данных, для других — хранилище оперативных данных. Данные в ХД представляют гиперкубом данных, который содержит ННО, что решает задачу представления в ХД сложных объектов.

Разработанная архитектура реализована в ХД «Поликлиника» + «Участковый терапевт» (рис. 2).



**Рисунок 2. Архитектура ХД «Поликлиника» + «Участковый терапевт»**

Архитектура ХД «Поликлиника» + «Участковый терапевт» является трехуровневой. На первом уровне размещены источники данных (клинико-диагностические лаборатории, регистратура, манипуляционные кабинеты и т. д.). На втором уровне — хранилище оперативных данных (с оперативными и историческими детализированными данными) и хранилище агрегированных данных. На третьем уровне поместим ВД — предметно-ориентированные срезы ХД. ВД «Участковый терапевт» построим как срезы по номеру участка хранилища оперативных данных. ВД, предназначенные для анализа и отчетности, построим как срезы хранилища агрегированных данных.

Разделим ХД «Поликлиника» + «Участковый терапевт» на две функциональные части: стационарную и мобильную. Такое разделение вызвано спецификой деятельности участкового терапевта, так как прием пациентов врач осуществляет в поликлинике и на вызовах по месту жительства пациентов. Итак, в мобильную часть ХД включим ВД «Участковый терапевт». ВД «Участковый терапевт» оперирует данными о пациентах конкретного участка, полученными от хранилища оперативных данных. К стационарной части ХД — «Поликлиника» — отнесем источники данных, хранилище оперативных данных, хранилище агрегированных данных и ВД, образующих подсистему отчетности и анализа данных. Хранилище оперативных данных оперирует данными о пациентах. Хранилище оперативных данных используем как промежуточную область хранения данных из источников информации и ВД «Участковый терапевт». После соответствующей обработки данные из хранилища оперативных данных заносим в хранилище агрегированных данных. Модель данных для хранилища строим на основе требований к решению задач по формированию отчетов и анализа данных.

Построенная архитектура требует решения задач представления ненормализованных отношений в гиперкубах данных. С этой целью предлагаем метод представления ненормализованного отношения гиперкубом данных, в котором измерениями гиперкуба данных являются атомарные атрибуты как ненормализованного, так и вложенных отношений.

Метод 1. Для ненормализованного отношения  $R(x_1, \dots, x_n, S(y_1, \dots, y_k))$  с вложенным отношением  $S(y_1, \dots, y_k)$  гиперкуб данных имеет  $n+k-1$  или  $n+k$  измерений. Если мерой гиперкуба есть один из атрибутов вложенного отношения  $S(y_1, \dots, y_k)$  и его значения будут в ячейках гиперкуба, то гиперкуб имеет  $n+k-1$  измерений  $\mathbf{V} = \{ x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_{k-1} \}$ , мера  $a = y_k$ .

Если мерой гиперкуба есть количественная характеристика, которой нет в начальном ненормализованном отношении  $R(x_1, \dots, x_n, S(y_1, \dots, y_k))$ , то она вычисляется при формировании гиперкуба, гиперкуб имеет  $n+k$  измерений  $\mathbf{V} = \{x_1, \dots, x_n, y_1, \dots, y_k\}$  и меру  $a = \Phi(R(x_1, \dots, x_n, S(y_1, \dots, y_k)))$ , где  $\Phi(R(x_1, \dots, x_n, S(y_1, \dots, y_k)))$  — функция агрегации.

Построенная трехуровневая архитектура ХД позволяет упростить доступ к оперативным и агрегированным данным путем создания витрин данных на основе хранилища оперативных данных и хранилища агрегированных данных, расширяет функциональность и повышает эффективность эксплуатации ХД.

### Список литературы:

1. Асадуллаев С. Архитектуры хранилищ данных — 1. — 2009. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/sabir/axd\\_1/](http://www.ibm.com/developerworks/ru/library/sabir/axd_1/) (дата обращения 10.05.2013).
2. Inmon W.H. Building the Data Warehouse, 4th Edition. — Hoboken, NJ:Wiley, 2005. — 576 p.
3. Kimball R., Ross M. The Data Warehouse Toolkit: The Complete Guide to Dimensional Modeling, second edition. — Wiley, 2002. — 421 с.
4. Makinouchi A.A consideration on normal form of not-necessarily-normalized relation in the relational data model. //Proceedings of the third international conference on Very large data bases — Volume 3. — Tokyo, 1977. — P. 447—453.
5. Silberschatz A. Database System Concepts: 5th Edition /A. Silberschatz, Henry F. Korth, S. Sudarshan. — McGraw-Hill, August 9, 2005. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://codex.cs.yale.edu/avi/db-book/db5/slide-dir/ch9.ppt> (дата обращения 10.05.2013).

**СЕКЦИЯ 2.**  
**ЭНЕРГЕТИКА**  
**И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА**  
**И ТЕХНОЛОГИИ**

**ВОПРОСЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**  
**СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ПИТАНИЯ**  
**ЛАМП УЛИЧНОГО ОСВЕЩЕНИЯ**

***Бондарев Андрей Владимирович***

*канд. техн. наук, зав. кафедрой электроснабжения  
промышленных предприятий Кумертауского филиала ОГУ,  
г. Кумертау*

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

***Зверев Валерий Александрович***

*студент 2 курса Кумертауского филиала ОГУ,  
г. Кумертау*

*E-mail: [valeriy.zverev.00@mail.ru](mailto:valeriy.zverev.00@mail.ru)*

**THE QUESTIONS OF USE OF SOLAR PANELS**  
**FOR A STREET LIGHTING**

***BondarevAndreyVladimirovich***

*Ph.D., department chair of power supply industrial enterprises  
Kumertausky branch of OSU*

***Zverev Valery Aleksandrovich***

*student 2 courses of Kumertausky branch of OSU*

**АННОТАЦИЯ**

В настоящей статье предлагается сравнительный анализ солнечных панелей и ламп уличного освещения при проектировании системы уличного освещения для учебных корпусов Кумертауского филиала ОГУ.

## ABSTRACT

In the present article the comparative analysis of solar panels and lamps of street lighting is offered at design of system of street lighting for educational cases of Kumertausky branch of regional public institution.

**Ключевые слова:** солнечные панели; лампы; освещение.

**Keywords:** solar panels; lamps; lighting.

**Введение.** В настоящее время существует достаточное количество разнообразных солнечных панелей на кристаллах и фотоэлементах отличающихся размерами мощностью и ценой. Также существует множество современных типов ламп уличного освещения основанных как на светодиодной технике, так и на газоразрядных лампах. Однако в большинстве случаев оборудование, используемое для уличного освещения, является типовым установленным до появления новых типов ламп [2].

Республика Башкортостан относится к тем регионам России, где есть возможность использовать солнце для получения энергии. Число солнечных дней в среднем по республике составляет 287, при продолжительности солнечного сияния более 2000 часов [1].

**Виды панелей.** Прямое преобразование солнечной энергии в электрическую может быть осуществлено с использованием фотоэлектрического эффекта. Элементы, изготовленные из специального полупроводникового материала, например кремния, при прямом солнечном облучении обнаруживают разность в напряжении на поверхности, т. е. наличие электрического тока. В настоящее время на рынке можно встретить несколько типов солнечных батарей, различающихся материалами, из которых изготовлены их элементы. В таблице 1 приведены некоторые типы панелей на солнечных элементах [6].

*Таблица 1.*

**Некоторые типы панелей на солнечных элементах**

Модуль	U	U (пик)	P (пик)	I (пик)	Производительность	Размеры	Вес
Описание	В	В	Вт	А	Вт*ч/день (за 4 часа)	ДхШхТ см	кг
NP200GK	12	26,2	200	7,63	800	162,3х98,6х3,5	19,5
NP225GKgP	12	28,9	225	7,80	900	162,3х98,6х3,5	21,6
NP230GKgP	12	28,9	230	7,97	920	162,3х98,6х3,5	21,6
PBW 235G	12	28,9	235	8,13	940	162,3х98,6х3,5	21,4
Saana 245-255 MBV	24	31,0	250	8,08	1000	162,3х98,6х3,5	21,1

**Виды ламп.** Поскольку современные средства освещения на альтернативных источниках энергии достаточно дороги, то для создания проекта уличного освещения с использованием солнечных панелей целесообразно использовать уже установленные светильники подбирая для них модули питания соответствующей мощности. В таблице 2 приведены некоторые виды ламп освещения и их основные характеристики [5].

*Таблица 2.*

**Виды ламп освещения и их основные характеристики**

Тип лампы	ДРЛ-250	ДНаТ-150	СД светильник NLD-Street48
Световой поток, Лм	13000	14000	5000
Потребление, Вт	280	170	65
Срок службы, часов	12тыс.	10тыс.	до 100тыс.
Время выхода в рабочий режим	10—15 минут	10—15 минут	мгновенно
Нагревается	сильно	сильно	слабо

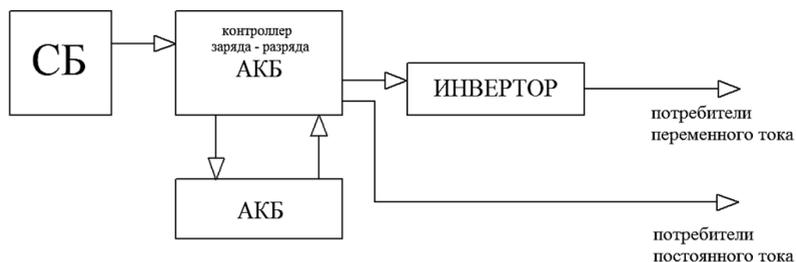
**Структура системы.** Автономная система в общем случае состоит из набора солнечных модулей, размещенных на опорной конструкции или на крыше, аккумуляторной батареи (АКБ), контроллера разряда — заряда аккумулятора, соединительных кабелей. Солнечные модули являются основным компонентом для построения фотоэлектрических систем. Они могут быть изготовлены с любым выходным напряжением.

При создании системы рекомендуется максимально снизить мощность потребителей. Например, в качестве осветителей использовать (по возможности) только люминесцентные лампы. Такие светильники, при потреблении в 5 раз меньшем, обеспечивают световой поток, эквивалентный световому потоку лампы накаливания.

Для небольших систем целесообразно устанавливать ее модули на поворотном кронштейне для оптимального разворота относительно падающих лучей. Это позволит увеличить мощность системы на 20—30 % [4].

В течение светлого времени суток, от восхода до заката солнца, монокристаллические солнечные панели собирают солнечную энергию, которая направляется в конвектор и накапливается, уже виде электрической энергии в аккумуляторных батареях. При наступлении сумерек, контроллер, которым оборудована система, автоматически включает лампу. При полной зарядке аккумуляторных батарей, лампа

работает в полноценном режиме освещения не менее 10 часов. С наступлением рассвета, контроллер отключает лампу и запускает панель в режиме накопления и подзарядки. Требуемое время для полной зарядки аккумуляторных батарей, отличается в зависимости от погодных условий. В ясный, солнечный день для этого требуется 4—6 часов, в пасмурный день, 8—10 часов. Первые числа 4 и 8 часов — это для теплого времени года, 6—10 часов — для зимних месяцев, когда активность солнца ниже.



**Рисунок 1. Структура предлагаемой системы**

**Вывод.** Разработка описанной выше системы наружного освещения для учебных корпусов Кумертауского филиала ОГУ в ближайшем будущем позволит снизить затраты на оплату электроэнергии [3].

### Список литературы:

1. Альтернативные виды энергии. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://greentok.ru/> (дата обращения 10. 05. 2013).
2. Альтернативная энергетика. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0) (дата обращения 14. 05. 2013).
3. Министерство экономического развития Российской Федерации // Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.economy.gov.ru/minrec/activity/sections/strategicPlanning/governement/> (дата обращения 11. 05. 2013).
4. Саблин В.В., Бушуев А.Н Солнечная энергетика. — 2006. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.bestreferat.ru/referat-169851.html>(дата обращения 11. 05. 2013).

5. Сравнение ламп ДРЛ, ДНаТ и ламп на светодиодах (СД). [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.evis-energy.ru/powersafe-technology/diod/19-sravnenie-lamp-drl-dnat-i-lamp-na-svetodiodaxsd.html> (дата обращения 10. 05. 2013).
6. Фотоэлектрические модули: Использование энергии солнца. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.multiwood.ru/doc/solar\\_modules.htm](http://www.multiwood.ru/doc/solar_modules.htm) (дата обращения 08.05. 2013).

## **К ВОПРОСУ О РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ОДНОФАЗНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ**

***Трофимова Светлана Николаевна***

*канд. техн. наук, доцент, филиал ЮУрГУ,  
г. Златоуст*

*E-mail: [trofimova\\_sn@mail.ru](mailto:trofimova_sn@mail.ru)*

***Максимов Сергей Павлович***

*канд. техн. наук, доцент, филиал ЮУрГУ,  
г. Златоуст*

*E-mail: [maximovsp@susu.ac.ru](mailto:maximovsp@susu.ac.ru)*

## **ON SOLVING THE PROBLEM OF ELECTRICAL POWER QUALITY FOR SINGLE-PHASE ELECTRICITY CONSUMERS**

***Trofimova Svetlana***

*PhD in Technical Sciences, associate Professor, SUSU, Zlatoust branch*

***Maksimov Sergey***

*PhD in Technical Sciences, associate Professor, SUSU, Zlatoust branch*

## АННОТАЦИЯ

Рассмотрены характерные отклонения от норм качества электрической энергии в системе электроснабжения однофазных потребителей, предложены пути достижения требуемого уровня надёжности работы электрических сетей.

## ABSTRACT

Specific deviations from the power quality standards in the energy supply system for single-phase electricity consumers were considered, the ways to achieve the required level of reliability for electrical services were offered.

**Ключевые слова:** параметры качества электрической энергии; надёжность; трехфазная сеть; однофазные потребители; выбор фазы; логическое устройство.

**Keywords:** electrical power quality characteristics; reliability; three-phase network; single-phase electricity consumers; phase selection; logical device.

Увеличение количества городских жителей, развитие промышленности, создание совершенно новых по своей технологии производств, строительство новых и реконструкция действующих производственных объектов, внедрение мощных установок силового электрооборудования приводит к устойчивому росту электропотребления в городах, что требует систематического развития городских электрических сетей.

Городские электрические сети в современном городе, развивающемся быстрыми темпами, не всегда способны справиться с возрастающими электрическими нагрузками, как на этапе передачи, так и на этапе распределения электрической энергии городским потребителям. Увеличение нагрузок в современном городе ведет к появлению определенных проблем в системах электроснабжения городского хозяйства. Увеличение потребления электрической энергии в свою очередь приводит к ужесточению требований к работе систем электроснабжения городов. Отключения в периоды пиковых нагрузок могут стать катастрофой для энергоснабжения городских потребителей, поэтому важное значение приобретают требования к качеству развития городских электрических сетей.

В настоящее время рост стоимости электроэнергии и ужесточение требований к качеству и надежности электроснабжения городского хозяйства придают изучению структуры и режимов функционирования систем электроснабжения города особую

актуальность. Анализ нормативных документов по энергосбережению [2, 8, 9] позволяет выделить из множества факторов, характеризующих основные критерии оценки энергоэффективности, такой критерий, как уровень качества электроэнергии — отношение уровня ущерба, возникшего вследствие снижения качества электроэнергии в текущем отчётном периоде к предыдущему.

На современном уровне электроснабжения городов характерным является оптимизация развития существующей электрической сети, при которой необходимо исходить из общих принципов ее построения с учетом перспективы. При проектировании схем городских электрических сетей должна обеспечиваться экономичность их развития и функционирования, причем необходимо рассматривать работоспособность действующих сетей при перспективном уровне электрических нагрузок. Как схема, так и параметры городской электрической сети должны обеспечивать надежность электроснабжения, при которой в случае отключения любой линии трансформатора сохраняется питание потребителей без ограничения нагрузки с соблюдением нормативного качества электроэнергии.

Анализ повреждаемости электрооборудования в электрических сетях ОАО «МРСК Урала» филиала «Челябэнерго» производственного отделения ЗЭС за десятилетний период показал, что отключение электрооборудования именно из-за недопустимых отклонений параметров электроэнергии составило 18 % всех нарушений в работе, у городских потребителей — 12 % [6, с. 34]. При этом известно, что в системах электроснабжения в среднем в точке присоединения возможны около 30 временных перенапряжений [4, с. 21].

Для современных городских электрических сетей характерны колебания, провалы, недопустимые отклонения напряжения, а также несимметрия трехфазной системы. Причиной этого являются обрывы, отключения одной фазы, неравномерное распределение по фазам массовых однофазных электроприемников, характерных для городских потребителей, загрязнение изоляции городской средой, механические повреждения элементов сети, ошибочные действия оперативного и ремонтного персонала, доля которых составляет более 30 % всех причин нарушений в системе электроснабжения города (табл. 1).

В настоящее время актуальность проблемы качества электроснабжения возрастает, так как число электроприемников, чувствительных к кратковременным нарушениям электроснабжения, постоянно увеличивается. Показатели качества электроэнергии, в частности, характеризуют такие свойства электрической энергии, как отклонение

частоты, отклонение, колебания и провал напряжения, несимметрия напряжений в трехфазных системах электроснабжения [1].

Так, снижение частоты на 1 % увеличивает потери в сетях на 2 % [5, с. 303]. Отклонение напряжения, как правило, обусловленное изменением потерь напряжения, которые вызываются изменением мощностей нагрузок городских потребителей, отрицательно сказывается на качестве работы и сроке службы компьютерной техники, телевизоров и другой бытовой электронной техники.

*Таблица 1.*

**Основные причины отключений городских электрических сетей  
в ОАО «МРСК Урала» филиала «Челябэнерго»  
производственного отделения ЗЭС**

<b>Причина повреждений оборудования</b>	<b>Количество отключений, %</b>
Старение изоляции	18,69
Атмосферные перенапряжения (гроза)	9,18
Коммутационные перенапряжения	8,52
Скорость ветра выше расчетной	6,56
Прочие посторонние воздействия	4,59
Нарушение технологии гибки труб	5,25
Механические повреждения	4,26
Внутренняя коррозия	4,26
Механические повреждения при механизированных земляных работах	3,61
Нарушение сроков и объемов ремонтов	3,61
Внутренние отложения	2,62
Дефекты заводской сварки	2,30
Прочие дефекты ремонта	1,97
Температурные атмосферные воздействия	1,64
Перекрытие птицами или животными	1,64
Прочие атмосферные воздействия	1,31
Гололед выше расчетного	1,31
Длительное воздействие токов КЗ	1,31
Золовой износ	1,31
Попадание воды на оборудование	1,31
Прочие	17,70
<b>Всего</b>	<b>100</b>

Снижение напряжения в осветительной сети приводит к уменьшению освещенности, что может вызвать снижение производительности выполняемых работ, дискомфорт у человека, убытки в результате снижения срока службы осветительных установок либо перерасход электроэнергии при использовании ламп накаливания. Кроме того, неприятное психологическое воздействие на человека, утомление зрения вызывает фликер-эффект, причиной которого являются колебания напряжения, источниками которых являются потребители электрической энергии с резкопеременным графиком нагрузки. Колебания напряжения отрицательно влияют на работу радиоприборов, нарушая их нормальное функционирование и снижая срок службы. Помехи в телевизионных изображениях проявляются при частотах 0,5—3 Гц и заметны, главным образом, при неподвижных изображениях. Кроме того, при работе ЭВМ в режиме управления иногда оказывается достаточным одного-двух колебаний с размахом 1—1,5 %, чтобы произошел сбой в какой-либо ячейке машины и, как следствие, возникли ошибки в командах управления или при производстве расчетов [5, с. 301]. Несимметрия напряжения приводит к ошибкам при работе счетчиков электроэнергии, при появлении в трехфазной сети напряжения нулевой последовательности ухудшаются режимы напряжений для однофазных приемников. Токи нулевой последовательности постоянно протекают через заземлители и значительно высушивают грунт, увеличивая сопротивление заземляющих устройств. При несимметричном режиме ухудшаются условия работы электроприемников и всех элементов электрической сети: снижаются экономичность и срок службы оборудования, уменьшается пропускная способность сети, увеличиваются потери энергии. В городских сетях 0,38 кВ наиболее часто несимметрия напряжений возникает из-за неравенства нагрузок в результате подключения большого количества используемых в быту однофазных осветительных и бытовых электроприемников (электрический чайник, стиральная и посудомоечная машины, электрическая плита, пылесос, обогреватель, кондиционер и т. п.). Эти электроприемники необходимо равномерно распределять по фазам для уменьшения несимметрии, но используемые схемы подключения не гарантируют равномерности загрузки фаз питающей сети. При этом прогнозировать момент одновременного использования этих приемников в пределах квартиры, дома или квартала практически нет возможности.

Достижение требуемого уровня надёжности и качества работы городских электрических сетей может быть достигнуто разработкой

совершенных систем распределения электроэнергии, использованием рациональных конструкций распределительных устройств, выбором оптимальных значений сечений проводов и кабелей и т. п. Если четко знать время включения и период работы оборудования, то рационального распределения мощностей электрической энергии можно добиться простым распределением потребителей между отдельными фазами трехфазной сети. Использование устройств, обеспечивающих подключение однофазных потребителей к менее нагруженной фазе, могло бы выровнять нагрузку всех фаз в пределах одного передающего трансформатора, повысить качество предоставляемых услуг в части величины напряжения, близкого к номинальному.

Таким устройством в настоящее время может являться реле выбора фаз РВФ-01 [7], которое представляет собой микропроцессорный однофазный блок автоматического ввода резерва, подключается к трехфазной питающей сети и обеспечивает переключение однофазных потребителей на фазу питания, оптимальную по уровню напряжения, при колебаниях, недопустимых отклонениях или полных провалах напряжения «рабочей» фазы. В зависимости от наличия и качества напряжения на фазах устройство автоматически производит выбор наиболее благоприятной фазы и переключает питание однофазной нагрузки на нее. Но в таком случае нагрузка от одновременно работающих однофазных потребителей, включенных в локальную трехфазную цепь, (электросеть квартиры, жилого дома или организации), подключается к разным клеммам, но принадлежит одной, наиболее оптимальной фазе, способна уменьшить напряжение до порогового значения, а переключение на другую фазу при этом не даст существенных изменений, так как выбранная фаза может быть загружена аналогичными однофазными потребителями другого пользователя. Разделение же потребителей на конечное число независимых однофазных цепей потребует нескольких реле выбора фаз, что приведет к усложнению схемы и увеличению стоимости. Кроме того, для реле РВФ-01 характерна задержка времени срабатывания, составляющая 0,1 секунды, вследствие которой происходит разрыв электрической цепи. При кратковременных нарушениях электроснабжения могут происходить сбои в работе электродвигательной нагрузки, компьютеров, электронных систем, в том числе работающих в режиме реального времени. В результате этого могут иметь место сбои в системах управления, потеря информации и т. п.

Использование мультимодуля выбора фаз [3] позволит подключить всех однофазных потребителей локальной трехфазной сети к одному устройству, с возможностью бесперебойного выбора

для них оптимальных фаз. Мульти модуль содержит заранее определенное количество выходов для подключения независимых однофазных цепей потребления, которые связаны посредством микропроцессорного блока с тремя входными фазами. Этот микропроцессорный блок способен определять загруженность каждой фазы, с которой в каждый момент времени связана часть выходов мульти модуля. Имеющийся в мульти модуле микропроцессорный блок содержит логическое устройство с программно заданными порогами допустимых характеристик питающей сети и алгоритмом работы блока переключения, способное, перераспределять подключение каждого выхода любой из фаз таким образом, чтобы напряжение на каждой из фаз не превышало программно установленных пороговых значений. Мульти модуль позволяет обеспечить бесперебойное электроснабжение однофазных потребителей с заданными показателями качества электроэнергии.

### **Список литературы:**

1. ГОСТ Р 54149-2010 «Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения». — ФГУП «Стандартинформ», — 2012. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.sonel.ru/biblio/standards/R54149-2010/> (дата обращения: 08.06.2013).
2. «Концепция долгосрочного социально-экономического развития РФ на период до 2020 года» / Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 г. № 1662-р — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://base.garant.ru/194365/> (дата обращения: 08.06.2013).
3. Максимов С.П., Ворона В.В., Баукин А.И. Мульти модуль выбора фаз // Патент России № 127539. 2013. Бюл. № 12.
4. Сержин К.С., Суворов И.Ф., Портнягин А.В., Сидоров А.И. Перенапряжения в системах электроснабжения 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью // Электробезопасность. — 2008. — № 4. — С. 21—25.
5. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий / под общ. ред. С.И. Гамазина, Б.И. Кудрина, С.А. Цырука. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010. — 745 с.
6. Трофимова С.Н. Анализ повреждаемости электрооборудования в городских электрических сетях 6—35 кВ // Электробезопасность. — 2007. — № 4. — С. 33—41.
7. УЗО, реле времени, реле фаз, реле напряжения, щитовое оборудование ГРЩ, АВР, ВРУ [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.110volt.ru/> (дата обращения: 04.06.2013).

8. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. (в ред. от 08.05.2010 г. с изм. от 05.04.2013) [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.rg.ru/2009/11/27/energo-dok.html> (дата обращения: 08.06.2013).
9. Энергетическая стратегия России до 2030 года / Распоряжение Правительства РФ № 1715-р от 13.11.2009 г. [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://minenergo.gov.ru/activity/energostrategy/> (дата обращения: 08.06.2013).

### **СЕКЦИЯ 3.**

## **ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ**

### **УПРУГИЕ ОПОРЫ ВИБРАЦИОННЫХ СИТ ДЛЯ ОЧИСТКИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ**

***Нестеренко Николай Петрович***

*канд. техн. наук, доцент, Полтавский национальный  
технический университет им. Юрия Кондратюка,  
г. Полтава*

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

***Молчанов Петр Александрович***

*ассистент, Полтавский национальный  
технический университет им. Юрия Кондратюка,  
г. Полтава*

*E-mail: [petja\\_men@ukr.net](mailto:petja_men@ukr.net)*

***Гвоздев Павел Валерьевич***

*студент, Полтавский национальный  
технический университет им. Юрия Кондратюка,  
г. Полтава*

*E-mail: [gvozdov17@yandex.ua](mailto:gvozdov17@yandex.ua)*

# ELASTIC SUPPORTS VIBRATION FULL FOR MUD CLEANING

*Nesterenko Nikolai Petrovich*

*Ph.D Poltava National Technical University named in honour of Yuriy  
Kondratyuk, Poltava*

*Molchanov Peter Alexandrovich*

*assistant Poltava National Technical University named in honour of Yuriy  
Kondratyuk, Poltava*

*Gvozdev Pavel Valerevich*

*student Poltava National Technical University named in honour of Yuriy  
Kondratyuk, Poltava*

## АННОТАЦИЯ

В статье описаны вибросита для очистки буровых растворов и упругие опоры которые предлагаются для использования в них.

## ABSTRACT

The article describes vibrosyta to clean mud and elastic supports are offered for use in them.

**Ключевые слова:** упругая опора; вибрационное сито; установка; колебание; форма.

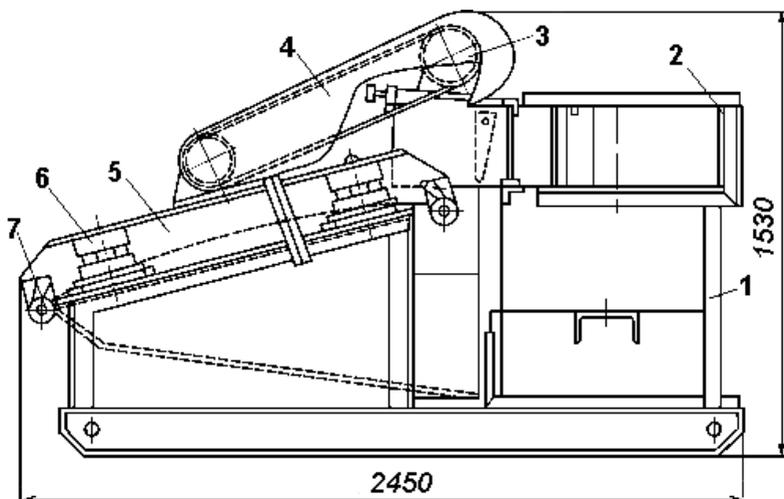
**Keywords:** elastic support; vibration sated; installation; vibration; shape.

**Целью данной работы является** модернизация вибрационных сит для очистки буровых растворов за счет использовать в них технически надежных и экономически целесообразных упругих опор.

**Метод.** В современном бурении важен вопрос качественной и эффективной очистки бурового раствора. Очистка бурового раствора обеспечивает бесперебойную подачу шлама к очистным сооружениям, охлаждения и очистки забойного инструмента (долота). Надежная работа вибрационных сит в основном зависит от упругих опор, поэтому их совершенствование занимает существенную роль в рабочем процессе. Современные вибросита выполняют различных исполнений и технических показателей.

**Результат.** Циркуляционная система, предназначенная для очистки, приготовления, химической обработки, хранения и транспортировки

бурового раствора при бурении нефтяных и газовых скважин комплектуется двумя модернизированными промышленными виброситами типа ВС [1, 7] (рис. 1). Модернизация вибросит заключается в замене стальных пружин между вибрирующей рамой 5 и станиной 1 на эластичные опоры 6.



**Рисунок 1. Вибросито типа ВС: 1 — сварная станина, 2 — распределительный желоб, 3 — электродвигатель, 4 — ограждение, 5 — вибрирующая рама, 6 — упругая опора, 7 — барабаны**

Предлагается применение в виброситах четырех эластичных упругих опор, применяемых в промышленности производства строительных материалов [2—6]. При этом жесткость упругой опоры вибросита должна обеспечивать устойчивый режим зарезонансных горизонтальных и вертикальных колебаний вибрирующей рамы, для чего должны выполняться соотношения

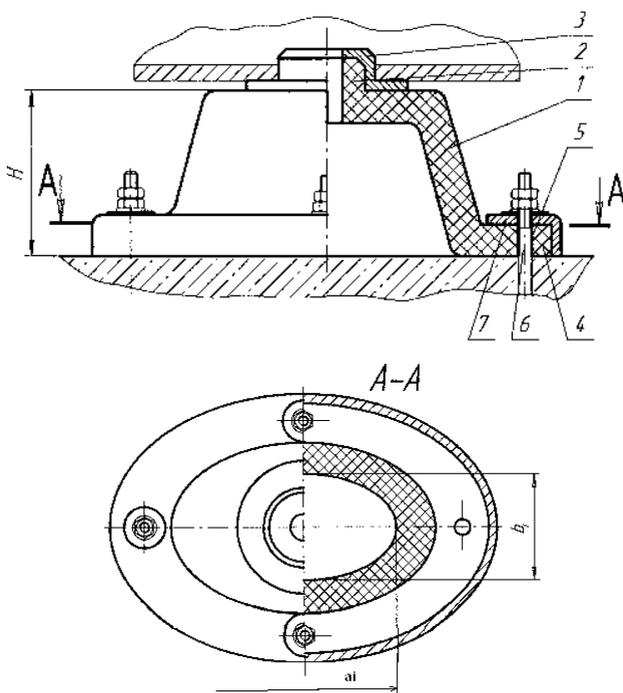
$$\frac{\omega}{\omega_{\Gamma 0}} \geq 3,5; \quad \frac{\omega}{\omega_{\text{В} 0}} \geq 1,5, \quad (1)$$

где:  $\omega$  — угловая частота вынужденных колебаний вибрирующей рамы сита;

$\omega_0^Г$ ,  $\omega_0^В$  — угловые частоты собственных колебаний рамы сита соответственно в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Упругая опора [6] для вибросит ВС1, ВС2, ВС1Л (рис. 2) имеет сплошной корпус 1, изготовленный из эластичного материала с выступом 2, накрытым металлическим колпаком 3 для присоединения технологического оборудования и крепежным элементом 4 с отверстиями 5. Крепится опора к раме вибросита с помощью болтового соединения 6 и прижимного элемента 7.

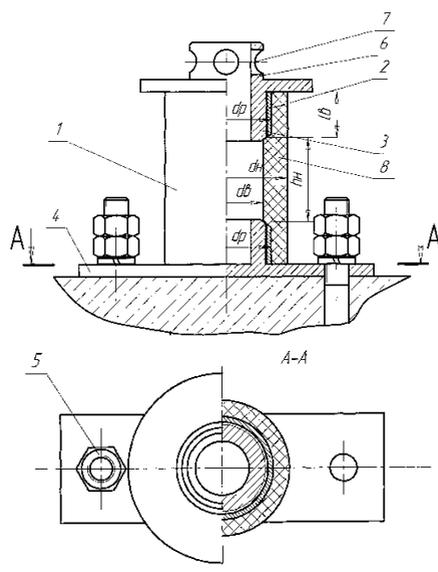
Упругая опора выполнена с боковыми стенками постоянной толщины в виде урезанного эллиптического конуса с отверстием, расположенным на вертикальной его оси, уклон боковых стенок к вертикали 15—30°.



**Рисунок 2. Коническая упругая опора: 1 — корпус, 2 — выступ, 3 — колпак для присоединения технологического оборудования, 4 — крепежный элемент, 5 — отверстие: 6 — болтовое соединение, 7 — прижимной элемент**

Несколько попроще по конструкции является упругая опора [6] (рис. 3) выполненная с боковыми стенками постоянной толщины в виде цилиндра с отверстием, сообщающимся с атмосферой, расположенным на вертикальной его оси. Она имеет сплошной корпус 1, изготовленный из эластичного материала с втулками 2, в которых на резьбе крепятся верхняя 3 и нижняя основы 4 для присоединения технологического оборудования и крепления опоры к фундаменту. Крепится опора к фундаменту с помощью болтового соединения 5. Выступ 6 используется для присоединения технологического оборудования, а отверстия 7 в нем — для возможности ввинчивания его во втулку 2. Сообщающееся с атмосферой отверстие в корпусе опоры обеспечивает отвод тепла из внутренней части опоры.

При увеличении размера рабочей высоты сплошного корпуса  $h_n$  относительно его внутреннего диаметра  $d_v$  снижается устойчивость упругой опоры в вертикальном направлении.



**Рисунок 3. Цилиндрическая упругая опора: 1 — корпус, 2 — верхнее основание, 4 — нижнее основание, 5 — болтовое соединение, 6 — выступ; 7 — технологическое отверстие;  $d_p$  — диаметр резьбы втулки,  $l_v$  — ширина втулки,  $d_n$  — наружный диаметр сплошного корпуса,  $d_v$  — внутренний диаметр сплошного корпуса,  $h_n$  — рабочая высота сплошного корпуса**

## **Выводы:**

1. Вибросита работают в различных климатических условиях в разное время года, поэтому усовершенствованные упругие опоры могут быть устойчивыми к природным условиям и в то же время иметь повышенную долговечность и износостойкость. Потому упругие элементы опоры могут быть изготовлены из технической резины соответствующей твердости, но в настоящее время лучше использовать новые полимерные материалы, например, полиуретан, который содержит в себе уретановую группу -МН-СОО-. Кислород в молекулярной цепи предоставляет полимерам гибкость, эластичность, им свойственна атмосферостойкость и морозостойкость (от "минус" 60°C) при относительной влажности до 95 %. В зависимости от исходных веществ, используемых при получении полиуретанов, они могут иметь различные свойства: быть твердыми, эластичными и даже термореактивными.

2. Долговечная эксплуатация модернизированных вибросит за счет применения эластичных упругих опор уменьшает затраты на их эксплуатацию, снижает, связанные с простоями для их ремонта, потери времени, способствует повышению безопасности эксплуатации вибрационной машины в целом.

## **Список литературы:**

1. Ильский А.Л. Оборудование для бурения нефтяных и газовых скважин. — М.: Машиностроение, 1980. — С. 85—95.
2. Нестеренко Н.П. Вибрационные площадки с пространственными колебаниями для предприятий строительной индустрии / Н.П. Нестеренко // Сборник научных трудов (Отраслевое машиностроение, строительство). — Полтава: ПолтНТУ, 2002. — Вып. 9. — С. 90—93.
3. Нестеренко Н.П. Вибрационные площадки с пространственными колебаниями для изготовления железобетонных изделий широкой номенклатуры // Сборник научных трудов (Отраслевое машиностроение, строительство). — Полтава: ПолтНТУ, 2005. — Вып. 16. — С. 177—181.
4. Назаренко И.И., Туманская А.В. Машины и оборудование предприятий строительных материалов: Конструкции и основы эксплуатации / И.И. Назаренко, А.В. Туманская. — К.: Высшая школа, 2004. — 590 С.
5. Патент на полезную модель № 23325, МПК (2006) F16F 3/00, Украина. Упругая опора для вибрационных устройств / Н.П. Нестеренко, Т.А. Складенко, Н.Н. Нестеренко. — Бюл. № 7, 2007 г.
6. Патент на изобретение № 68059 А, МПК (2006) F16F 3/00, Украина. Упругая опора для вибрационных устройств / Н.П. Нестеренко, Т.А. Складенко, Н.Н. Нестеренко. — Бюл. № 7, 2004 г.
7. Северинчик Н.А. Машины и оборудование для бурения скважин. — М.: Недра, 1986. — С. 30—33.

## **СЕКЦИЯ 4.**

### **ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ**

#### **МЕТОДЫ АНАЛИЗА СИГНАЛОВ ВИБРАЦИИ И ИХ ПРИМЕНИМОСТЬ ДЛЯ СИСТЕМ БОРТОВОЙ ДИАГНОСТИКИ**

*Гончаров Олег Юрьевич*

*старший преподаватель кафедры Транспортных средств и процессов  
Северо-Кавказский Федеральный Университет (филиал в г. Пятигорске),  
г. Пятигорск*

*E-mail: [oleg\\_goncharov20@mail.ru](mailto:oleg_goncharov20@mail.ru)*

#### **ANALYSIS METHODS VIBRATION SIGNALS AND THEIR APPLICABILITY TO-BOARD DIAGNOSTIC SYSTEM**

*Oleg Goncharov*

*senior Lecturer Department of Vehicles and processes North Caucasian  
Federal University (branch in Pyatigorsk), Pyatigorsk*

#### **АННОТАЦИЯ**

Целью работы являлось проведение сравнения методов анализа виброакустических сигналов и оценка их применимости для бортовых систем диагностики. Сделан вывод о необходимости применения алгоритма компарации сигнала с эталонным и разделении спектра на 5 диапазонов.

#### **ABSTRACT**

The purpose was a comparison of methods of analysis of vibro-acoustic signals, and evaluate their applicability for on-board diagnostic systems. The conclusion about the necessity of applying the algorithm comparator with a reference signal and the separation of the spectrum into five bands.

**Ключевые слова:** вибрация; акустика; шум; автомобиль; силовой агрегат; двигатель; трансмиссия, диапазон, спектрограмма.

**Keywords:** vibration; acoustics; noise; vehicle; powertrain; engine; transmission; band; spectrogram.

Предпосылкой поиска неисправностей механизмов по виброакустическим параметрам является то, что вибросигнал работающего механизма содержит большое количество информации о его состоянии. Для эффективного использования вибродиагностики в системах бортовой диагностики необходимо, чтобы эта информация была должным образом извлечена из полученных вибросигналов.

В настоящее время для диагностики технического состояния машин и механизмов используются следующие параметры виброакустических сигналов:

1. временные реализации вибросигналов;
2. общий уровень вибрации или шума;
3. временные реализации виброакустических сигналов, отфильтрованные в определенной полосе частот, огибающие виброакустического сигнала;
4. уровни спектральной плотности мощности вибрации и шума;
5. общие уровни вибрации и шума, полученные путем временной селекции виброакустического сигнала на определенном промежутке угла поворота коленчатого вала двигателя.
6. спектральные плотности мощности виброакустических сигналов, рассчитанные для временных реализаций, зарегистрированных на определенных временных отрезках цикла работы двигателя («частотно-временная» селекция).

На выходе датчика преобразованные механические колебания имеют вид аналогового временного сигнала. Его можно увидеть, подав сигнал с датчика на осциллограф или другое устройство отображения данных во временной области.

Однако вследствие сложности формы временного сигнала, его интерпретация сильно затруднена, поэтому наряду с этим принято анализировать спектр сигнала, который является представлением временного сигнала в частотной области.

Во временной области легко различим стук деталей, приводящий к асимметрии формы сигнала, который может быть следствием ослабления механических соединений. Рабочие процессы, протекающие в системах и механизмах ДВС, являются мощными источниками колебаний и шума. Во время работы силового агрегата

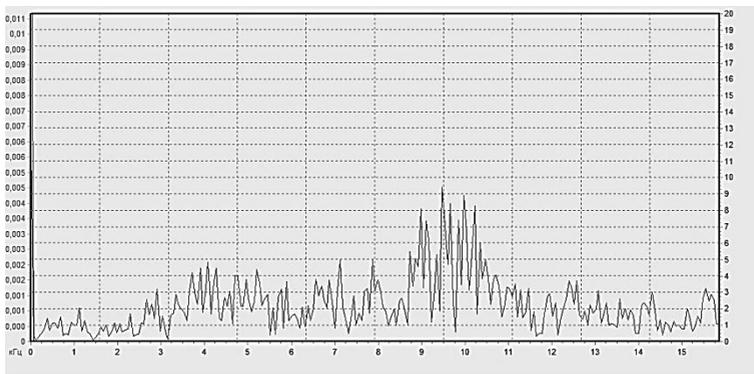
вибрации его конструкций возбуждаются многими силами, которые имеют различную физическую природу:

- газодинамическими силами, возникающими при сгорании топливовоздушной смеси;
- ударными силами, возникающими в сопряжениях двигателя при динамическом взаимодействии его деталей (сопряжения поршень-гильза, поршень-поршневой палец, палец-шатун, шатун-шейка коленвала, клапан-седло и др.
- силами, возникающими в системах выхлопа, впрыска и т. п.

Исследованиями установлено, что информативной полосой частот для газораспределительного механизма является 7—12 кГц, для сопряжения поршень-гильза является диапазон 2,5—7 кГц, для поршневых колец 10—12 кГц, для шатунных и коренных подшипников — 0,5—2 кГц, для форсунок — 12—16 кГц [3, 5, 6]. Среди источников шума в поршневом ДВС, особенно в дизелях, доминирует шум сгорания [1], при этом энергия колебаний сосредоточена на собственных частотах деталей двигателя.

На рисунке 1, в качестве примера, показан сигнал виброускорения блока цилиндров двигателя и соответствующий ему спектр в диапазоне от 0 до 30 кГц.

Рассмотрим общие принципы построения системы для общей оценки вибрации и уровня спектральной плотности мощности вибрации двигателя. Для её создания достаточно иметь минимальный набор устройств: вибродатчики, микрофоны, усилители сигналов, осциллографы, шумомеры, измерители уровней вибрации, анализаторы в реальном масштабе времени.



**Рисунок 1. Спектр сигнала виброускорений блока цилиндров двигателя VA3-21083 в диапазоне от 0 до 30 кГц**

Недостатком такой системы является недостаточная надежность результатов диагностирования, вызванная большим уровнем помех, избыточностью временной информации (сложностью установления появления начала виброимпульсов, связанных с соударениями в различных сопряжениях ДВС), недостаточной точностью привязки к углу поворота коленчатого вала, сложностью выделения источников повышенного шума и вибрации ДВС [4]. Такие системы не получили широкого развития и используются только для получения первичных экспресс-оценок технического состояния силовых агрегатов.

Характеристика в частотной области, или спектр — это прекрасный инструмент для выявления периодичностей в сигнале. Большим ее преимуществом является то, что на одном графике отображаются амплитуды колебаний, сильно различающихся по значению. Диапазон амплитуд, отличающихся в 10000 раз, не является редкостью для современных анализаторов спектра [2].

Подавляющее большинство современных автоматизированных и автоматических систем виброакустического контроля технического состояния ДВС используют метод «частотно-временной» селекции виброакустических сигналов [7], который требует больших вычислительных затрат и не может быть реализован на борту современного автомобиля. Решения о техническом состоянии узлов и сопряжений силового агрегата принимаются на основе визуального сравнения базовых, полученных на этапе обобщающего эксперимента, и текущих, полученных в процессе проведения диагностирования характеристик, что также не дает возможности использовать данный метод в системах бортовой диагностики в процессе эксплуатации.

Реализация в системах виброакустической диагностики метода «частотно-временной» селекции требует применения в них, помимо первичных; виброакустических преобразователей, цифровых устройств, включающих в себя аналого-цифровые преобразователи и электронно-вычислительную технику, а также разработку специального программного обеспечения, требующего больших вычислительных затрат.

Как возможность развития, и в то же время упрощения данной системы мы предлагаем алгоритм компарации сигнала, полученного с двигателя на автомобиле, с эталонным образцом. Кроме этого, необходимо разделить спектр минимум на 5 диапазонов и проводить анализ пяти спектрограмм.

### **Список литературы:**

1. Диагностирование дизелей / Е.А. Никитин [и др.]. — М.: Машиностроение, 1987. — 224 с.
2. Добролюбов И.П., Савченко О.Ф., Ольшевский С.Н. Оптимизация обнаружения и измерения параметров ДВС измерительной экспертной системой. // Ползуновский вестник, 2011, № 2. Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2011. — С. 41—43.
3. Луканин В.Н. Шум автотракторных двигателей внутреннего сгорания / В.Н. Луканин. — М.: Машиностроение, 1971. — 270 с.
4. Оксень Е.И., Оксень Д.Е. Использование виброакустических сигналов для оценки состояния двигателя внутреннего сгорания. //Авиационно-космическая техника и технология, 2011, № 9. Харьков. — С. 142—147.
5. Тольский В.Е. и др. Колебания силового агрегата автомобиля. М.: «Машиностроение», 1976. — 266 с.
6. Тольский В.Е., Воеводенко С.М. Особенности характеристик виброакустики и вибронегруженности некоторых российских автомобилей и автобусов. //Журнал автомобильных инженеров — 2008. — № 2(49) — С. 41—43.
7. Яковенко А.Л. Разработка методики и инструментальных средств для прогнозирования структурного шума двигателя внутреннего сгорания. Автореферат дисс. на соискание ученой степени кандидата технических наук, Москва, 2009. — 24 с.

## СЕКЦИЯ 5.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ВОЛОКОН НА СВОЙСТВА ФИБРОБЕТОНОВ

***Ахмеднабиев Расул Магомедович***

*канд. техн. наук, доцент, Полтавский национальный  
технический университет им. Юрия Кондратюка,  
г. Полтава*

*E-mail: [arasul49@mail.ru](mailto:arasul49@mail.ru)*

***Калиман Алексей Михайлович***

*студент 4 курса Полтавский национальный  
технический университет им. Юрия Кондратюка,  
г. Полтава*

*E-mail: [kaliman@ua.fm](mailto:kaliman@ua.fm)*

***Кравчук Николай Юрьевич***

*студент 4 курса Полтавский национальный  
технический университет им. Юрия Кондратюка,  
г. Полтава*

*E-mail: [grand\\_nick@i.ua](mailto:grand_nick@i.ua)*

# **EFFEKT OF DIFFERENT FIBERS ON THE PROPERTIES OF FIBER-REINFORCED CONCRET**

*Akhmednabi Rasul Magomedovich*

*Ph.D., Poltava National Technical University  
named after Yuri Kondratyuka*

*Caliman Alexis*

*4th year student of Poltava National Technical University  
named after Yuri Kondratyuk*

*Kravchuk Nikolay*

*4th year student of Poltava National Technical University  
named after Yuri Kondratyuk*

## **АННОТАЦИЯ**

Приведены результаты исследования влияния волокон различного происхождения на трещиностойкость и деформативность фиброармированных бетонов.

## **ABSTRACT**

The results of the study of the effect of fibers of different origin on the fracture toughness and deformability of fiber reinforced concrete.

**Ключевые слова:** волокна, матрица, деформативность, модуль упругости, коэффициент концентрации напряжений, трещиностойкость.

**Keywords:** fibers, matrix, deformability, elasticity modulus, stress concentration factor, fracture.

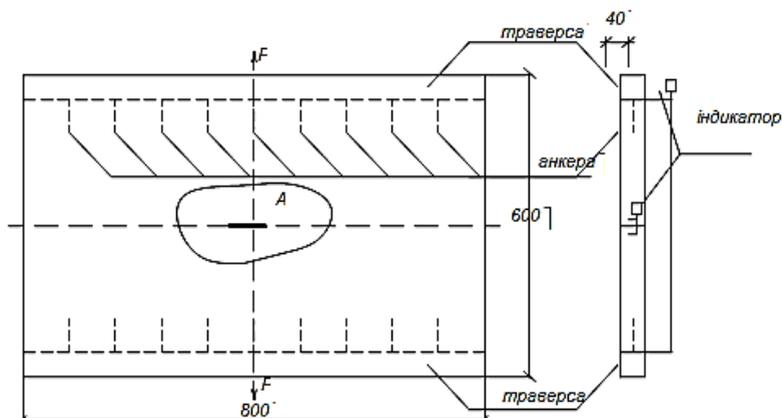
Проблема фибробетонов в ее современной постановке существует более 3-х десятков лет и в настоящее время имеет особую актуальность в связи с необходимостью коренного улучшения качества при одновременном снижении затрат материалов, труда и снижении энергоемкости железобетонных конструкций [1].

Очевидные преимущества фибробетонов (многократное увеличение прочности, трещиностойкости, износостойкости и т. д.) и мнимая легкость достижения желаемого результата обусловили, в основном, эмпирический характер исследований, что позволило накопить обширные экспериментальные данные для инженерной практики [2]. Это ведет к созданию современных технологий, в полной

мере отвечающих потенциалу прогрессивности, конкурентоспособности и экономичности дисперсного армирования, способного обеспечить значительные сдвиги по вопросам повышения эффективности строительной продукции. Успешное решение этих задач не возможно без теоретического обобщения и дальнейшего углубления знаний о сложных процессах, обуславливающих формирование структуры и физико-механических свойств фибробетонов, об их взаимосвязи с характеристиками исходных материалов, составу и технологическим процессом получения изделий [2].

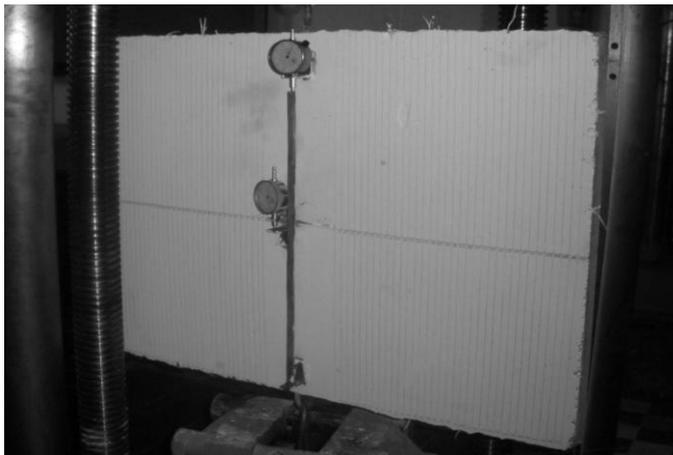
В данной работе представлены результаты исследования мелкозернистого фибробетона на трещиностойкость и деформативность. Мелкозернистый бетон изготовлен на основе ПЦ активностью 51 Мпа. В качестве заполнителей использован щебень фракции 3—5 мм и песок с модулем крупности 2,63. В качестве фиброарматуры использованы полипропиленовые волокна диаметрами 0,03 мм и 0,2 мм, а также стальные волокна диаметром 0,2 мм. Длина волокон всех типов 30 мм. Объемное содержание волокон во всех образцах 3 %. Испытаниям подвергались образцы в возрасте 28 суток.

Трещиностойкость фибробетонов оценивалась по коэффициенту интенсивности напряжений. Для его вычисления были изготовлены плиты размерами 820 x 640 x 40 мм. Во время изготовления в геометрическом центре плиты была образована трещина размерами 52 x 2 мм. По длинным сторонам в плиты были заложены траверсы из полосовой стали 50 x 30 мм, к которым с одной стороны были приварены анкера, а к другой — петля для испытаний (рис. 1).



**Рисунок 1. Общий вид плиты**

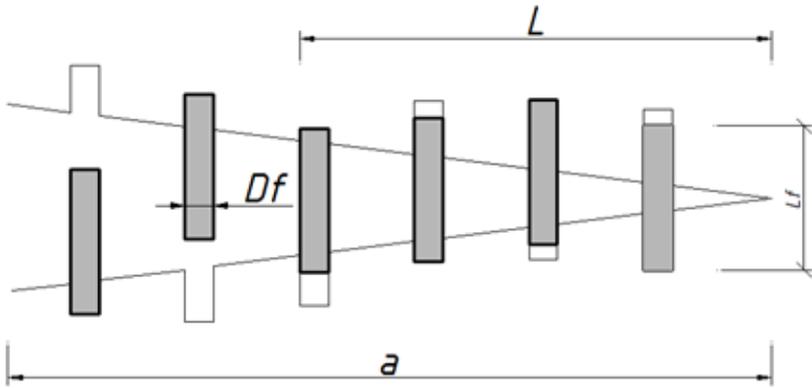
Перед началом испытаний на плиту по вертикальной оси были установлены индикаторы часового типа для измерения податливости плиты и ширины раскрытия трещины (рис. 2)



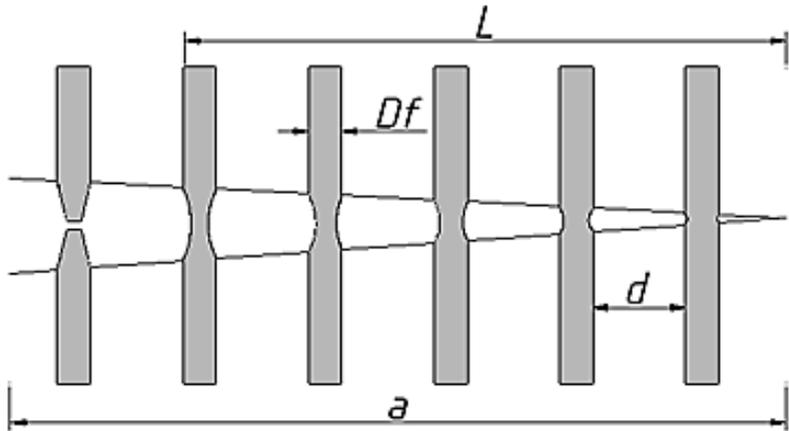
*Рисунок 2. Вид плиты перед началом испытаний*

Растягивающие усилия на плиту передавались через шарнирное устройство. Таким образом, в плите создавались только нормальные растягивающие напряжения. При достижении предельных напряжений матрицы в ней образуются микротрещины, дальнейший рост которых сдерживают волокна [3].

Трещина может двигаться, оставляя волокна в виде связей, соединяющих берега трещины. При увеличении нагрузки волокна могут или разрываться, если  $I_f > I_k$  или вырываться из матрицы, если  $I_f < I_k$ . В обоих случаях волокна способствуют повышению трещиностойкости композитного материала. Авторы работы [8] приводят схемы распространения трещины, где волокна в виде связей стягивают берега трещины (рис. 3). Очевидно, что при наличии достаточных касательных напряжений на поверхности раздела волокна не вырываются из матрицы, а деформируются при достижении напряжений текучести (рис. 3 б).



а)



б)

**Рисунок 3. Схемы распространения трещин:**  
**а) при выдергивании волокна, б) при разрыве волокна**

Коэффициент концентрации напряжений в этом случае определяется выражением [8]

$$K_c = K_m + [K_m + 8\pi\bar{u}_c(l_f \varepsilon_c) \bar{E} \sigma_f / (1 + d/D_l)]^{1/2} \quad (1)$$

Волокна, длина которых меньше критической внесут вклад в работу разрушения материала только за счет трения и передачи

напряжений при этом матрице (рис. 3 а). В таком случае коэффициент концентрации напряжений определяется выражением [8]

$$K_c = K_m + \tau_i V \pi L(l - \bar{u}) / (1 + d/D_l)^2 D_l, \quad (2)$$

где:  $K_m$  — трещиностойкость матрицы;  
 $\bar{u}_c$  — критическое смещение перед разрушением;  
 $\bar{E}$  — эффективный модуль зависит от модулей матрицы и связи;  
 $\sigma_f$  — напряжение текучести волокна,  
 $l$  — размер зоны вырывание;  
 $\tau$  — напряжение сдвига на поверхности раздела волокно-матрица.

Благодаря интенсивному развитию механики разрушения разработаны и другие критерии, которые применяются как характеристики сопротивления материала распространению трещины. Например, критическое раскрытие трещины в ее вершине, удельная энергия образования новых поверхностей и т. д. Существуют определенные зависимости, которые позволяют эти величины пересчитать на  $K_c$  [6, 7].

Отношение высвобожденной энергии к приросту площади трещины  $G$ , может быть также по аналогии с коэффициентом интенсивности напряжений использован как параметр, который определяет условие разрушения.

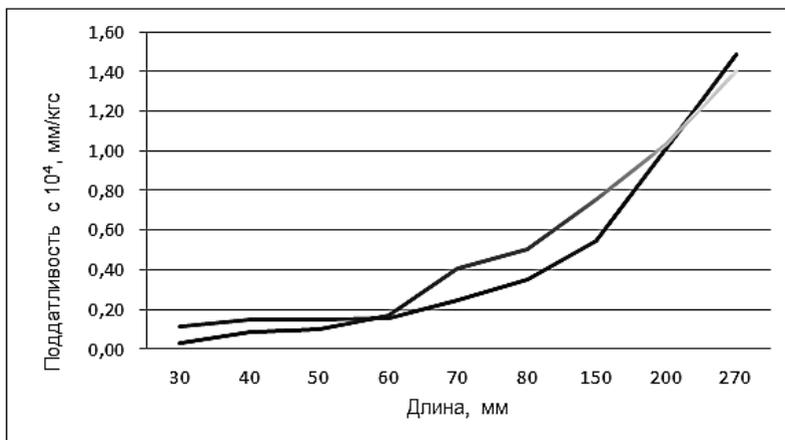
Отмечено, что  $G$  соответствует обобщенной силе, которую называют «сила продвижения трещины». Обобщенная сила определяется по аналогии с обычными силами:

$$G = P^2/2 (\partial c / \partial A), \quad (3)$$

где:  $P$  — разрушающая нагрузка;  
 $c$  — податливость образца с трещиной;  
 $A$  — площадь вновь трещины.

В данной работе коэффициент интенсивности напряжений  $K_c$  определялся по формуле (3). Скорость нагрузки была в пределах 1000 Н/мин и постоянной на всех стадиях нагрузки.

В процессе испытания через каждые 60 с контролировались: время  $t$ , нагрузка  $P$ , длина трещины  $2a$ , перемещения опор, ширина раскрытия трещины.



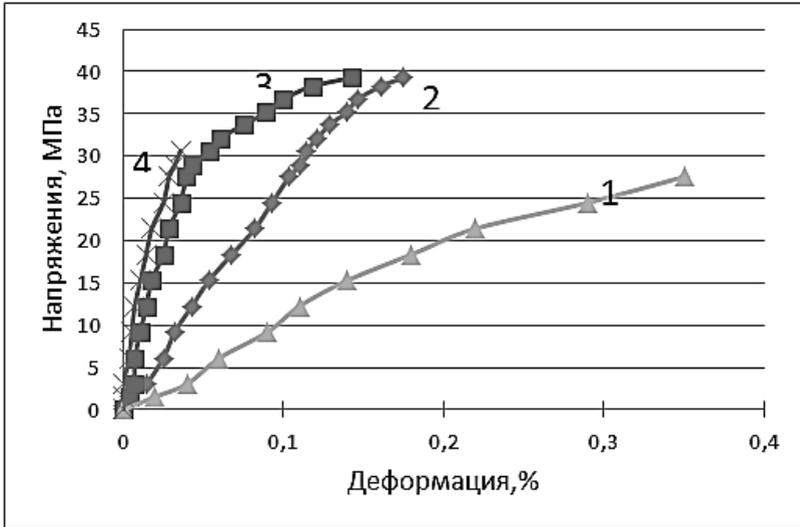
**Рисунок 4. Кривые податливости — длина трещины**

По углу наклона касательных к кривым определялся параметр  $(\partial c / \partial A)$ , а по формуле (3) вычислялся коэффициент  $K_c$ . Необходимо отметить, что кривые податливости плит наполненных полипропиленовыми волокнами разной толщины практически одинаковы, а наполненных металлическими волокнами отличается незначительно.

Вычисления  $K_c$  для фибробетонов и исходного неармированного бетона показали увеличение  $K_c$  для фибробетонов в несколько раз. Так, для неармированного бетона  $K_c = 1993 \text{ кН/м}^{3/2}$ , а для фибробетонов, наполненных полипропиленовыми и стальными волокнами соответственно  $K_c=6351 \text{ кН/м}^{3/2}$ ;  $K_c=6578 \text{ кН/м}^{3/2}$ .

Из приведенных данных видно, что введение волокон в бетонную матрицу, способствует повышению трещиностойкости фибробетонов в три раза.

Деформативность фибробетонов были исследованы по методике НИИЖБ на образцах-призмах со стороной 10 см [4]. Зависимости напряжения-деформации при испытании на сжатие представлены на рис. 5.



**Рисунок 5. Зависимости напряжения — деформация при испытании на сжатие композиций, наполненных разным видом волокон: 1 — полипропиленовое микроволокно; 2 — без волокон; 3 — полипропиленовое моноволокно; 4 — стальное волокно**

Как видно из графиков, наибольшую деформативность имеет фибробетон наполненный полипропиленовым микроволокном, конечная деформативность которого на 105 % больше чем неармированного бетона, а призмная прочность этого композита ниже, чем неармированного бетона на 32,5 %. Композиты, наполненные полипропиленовым моноволокном, имеют деформативность меньшую, чем неармированный бетон всего на 23,5 % при почти одинаковой призмной прочности. Это явление вызывает интерес потому, что согласно теории композитных материалов компонент с более эластичными свойствами должен внести долю эластичности в свойства композита пропорционально объемному содержанию. Наименьшее деформативность имеет композит, наполненный стальными волокнами, деформативность которого меньше неармированного бетона на 70 %. Это явление вполне описывается теорией композитных материалов. Однако, призмная прочность его ниже, чем неармированного бетона, что вызывает необходимость продолжения исследований.

Таким образом, установлено, что свойства волокна, которым наполняется бетон, имеют различные влияния на свойства композитных материалов с бетонной матрицей.

Изменение деформаций с введением волокон различного вида влечет за собой изменение модуля упругости. Результаты расчетов модуля упругости показали следующее:

- Волокно отсутствует,  $E = 23325$  МПа;
- Полипропиленовое моноволокно,  $E = 23716$  МПа;
- Полипропиленовое микроволокно,  $E = 22632$  МПа;
- Стальное волокно,  $E = 90075$  МПа.

Проведенными исследованиями установлено, что введение волокон повышает деформативность бетона. Стальные волокна способствуют повышению модуля упругости и снижению деформативности бетона.

Трещиностойкость фибробетона выше, чем матрицы в 2—3 раза.

### Список литературы:

1. Кербер М.Л. Композиционные материалы. Соросовский Образовательный журнал. 1999, № 5.
2. Купер Д., Пигготт М. Разрушение и растрескивание композитов. — В кн.: Механика разрушения, № 17. М., Мир 1979, с. 165—216.
3. Лифшиц М. Замедление разрушения волокнистых композитов. — В кн.: Композитные материалы, т. 5. М., Мир, 1978, с. 267—333.
4. НИИЖБ. Методические рекомендации по определению прочностных и структурных характеристик бетонов при кратковременном и длительном нагружении. Р-10-76. М., 1976.
5. Панасюк В.В., Бережницкий Л.Т. Оценка трещиностойкости цементного бетона по вязкости разрушения. — Бетон и железобетон. — 1981. № 2, с. 18—19.
6. Экобори Т. Научные основы прочности и разрушения материалов. — Киев: Наукова думка, 1978, с. 78—99.
7. Romualdi J.R., Mandel J.A. Toenail Strength of Concrete. Affected by Uniformly Distributed and Closely Spaced Zengths of Wire Reinforcement. — ACI Journal, 1964, v. 61. № 6. p. 657.
8. Schaschinger J, Schubert J, Stängel T, Schmidt K, Heinz D, Ultrahochfester Beton — Bereit für die Anwendung. Schriftenreihe Baustoffe. Fest — Schrift zum 60. Geburtstag von Prof. Dr.-ing. Peter Schliessl. Heft 2. 2003. С. 267—276.

# ТЕРМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ГЛИН

*Лымарь Елена Анатольевна*

*канд. техн. наук, научный сотрудник,  
ОАО «Российские космические системы»,  
г. Москва*

*E-mail: [4494.55@mail.ru](mailto:4494.55@mail.ru)*

## THERMAL RESISTANCE OF CLAY-BASED COMPOSITES

*Lymar Elena*

*scientist, candidate of engineering sciences, OJSC "Russian space systems",  
Moscow*

### АННОТАЦИЯ

Исследовано влияние металлического алюминия на устойчивость керамометаллического композита к колебаниям температур в широком диапазоне. Установлено, что разработанный материал может использоваться при температурах до 1000°C.

### ABSTRACT

Influence of metallic aluminum on ceramometallic composite resistance to wide-range temperature fluctuations was analyzed. It was discovered that the designed material can be used with temperatures up to 1000°C.

**Ключевые слова:** композиты, материал, алюминий, свойства, устойчивость.

**Keywords:** composites, material, aluminum, properties, resistance

Повышение эксплуатационных характеристик строительных материалов связано с разработкой композитов, которые сочетали бы свойства входящих в него компонентов. Одним из направлений в получении таких материалов является создание композитов на основе металлической и неметаллической составляющих. Следует отметить, что в промышленности затруднено использование строительных материалов, в состав которых входят металлические

наполнители, следствие трудоемких технологий и высоких материальных затрат при производстве. Однако существуют производственные области, где традиционные строительные материалы из-за недостаточной прочности, ударной вязкости, пластичности, термостойкости и т. п., не в состоянии обеспечить высокий уровень эксплуатационных характеристик [1—20].

В данной работе представлены исследования термической устойчивости композитов, полученных на основе глин и металлического алюминия [21—24]. Главной особенностью получаемого материала является то, что металлический компонент вводится на стадии приготовления сырьевой смеси. Кроме того, вводимый алюминий участвует в стадиях структурообразования синтезируемого композита, что и приводит к высоким эксплуатационным показателям последнего. Для лучшей совместимости глинистой составляющей с алюминием проводилось модифицирование компонентов, применяемых для получения металлокерамического связующего [25, 26].

Разработанный композит имеет однородную структуру (рис. 1), обладает высокими механическими и технологическими показателями, которые достигаются благодаря достигнутой совместимости модифицированной глинистой составляющей и алюминиевого компонента.

Для разработанных материалов были определены воздушная (уравнение 1) и огневая усадки (уравнение 2), его чувствительность к сушке (уравнение 3).

$$\Delta l_{возд} = (l_0 - l_1)/l_0, \quad (1)$$

$$\Delta l_{ог} = (l_1 - l_2)/l_0, \quad (2)$$

где:  $\Delta l_{возд}$  — воздушная усадка образца, %;

$\Delta l_{ог}$  — огневая усадка образца, %;

$l_0$  — длина свежееотформованного образца, мм;

$l_1$  — длина образца после сушки, мм;

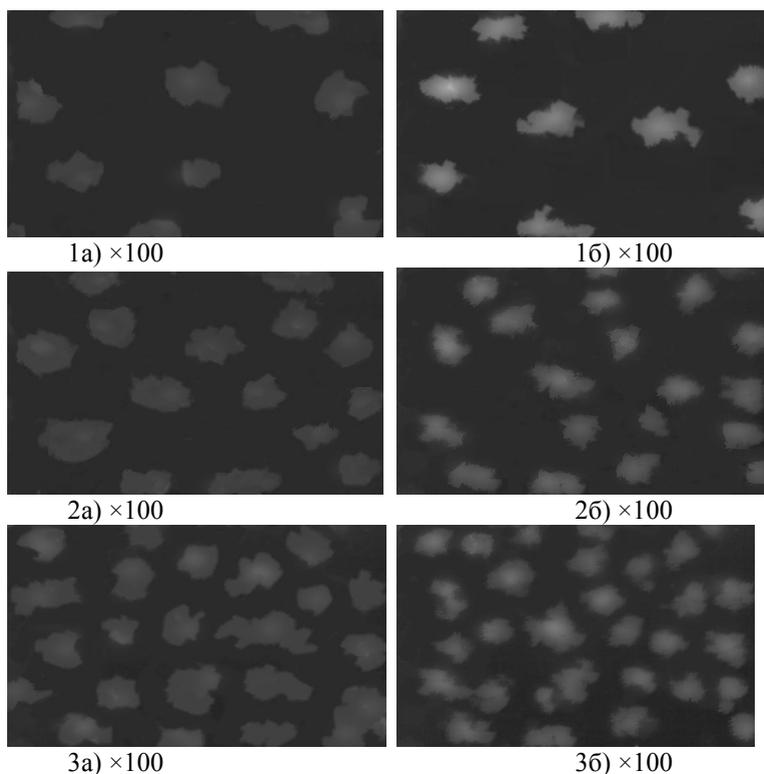
$l_2$  — длина образца после обжига, мм.

$$K_v = \frac{V}{V_0 \left( \frac{g_0 - g}{V_0 - V} - 1 \right)} \quad (3)$$

где:  $K_v$  — коэффициент чувствительности к сушке;

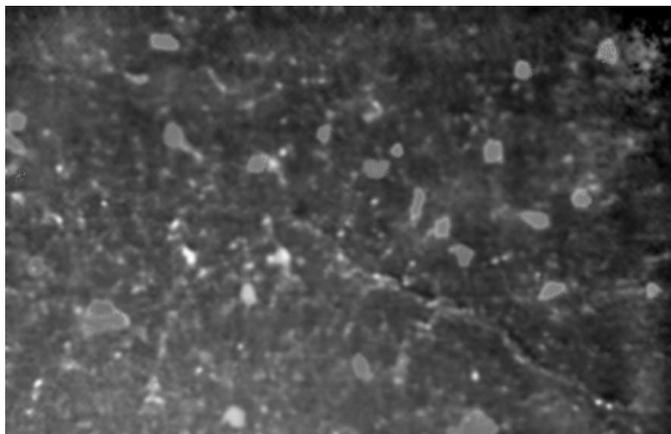
$V_0, V$  — объем образца соответственно после формования и в воздушно-сухом состоянии, см<sup>3</sup>;

$g_0, g$  — масса образца соответственно свежееотформованного и в воздушно-сухом состоянии, г.



***Рисунок 1. Оптические микрофотографии поверхности композита на основе каолиновых (а) и монтмориллонитовых (б) глин с содержанием алюминиевого наполнителя 5 % (1) 10 % (2) и 20 % (2)***

Получаемый материал стоек в температурном диапазоне до  $1000^{\circ}\text{C}$ , выдерживает 50 циклов нагрева до температуры  $700^{\circ}\text{C}$  и резкого его охлаждения, 35 циклов нагрева до  $900^{\circ}\text{C}$  и резкого его охлаждения, 22 цикла нагрева до  $1000^{\circ}\text{C}$  и резкого его охлаждения без изменения его геометрических параметров (в случае отсутствия внешних нагрузок) и без образования микротрещин на его поверхности.



а)  $\times 10$



б)  $\times 10$

***Рисунок 2. Оптические микрофотографии начально-образовавшихся микротрещин (а) и образовавшихся в результате увеличения циклов эксперимента с 22 до 25 (б) при температуре 1100°С***

Дальнейшее увеличение количества циклов эксперимента приводит к образованию микротрещин на поверхности металлокерамического композита (рис. 2 а), обусловленных возникновением в материале упругих и остаточных пластических деформаций. Установлено, что характер микротрещин не зависит от количества циклов эксперимента: с увеличением количества циклов, их геометрические

размеры и степень распространения по структуре материала увеличиваются (рис 2. б).

По предлагаемой технологической схеме получения металло-керамического композита образуются наиболее устойчивые фазы муллита и кварца [27, 28], вследствие чего можно утверждать, что при использовании металлокерамического композита при высоких температурах (до 1000°C) изменения фазовых превращений в его структуре происходить не будут.

### **Список литературы:**

1. Алфимов С.И. Техногенное сырье для силикатных материалов гидратационного твердения / С.И. Алфимов, Р.В. Жуков, А.Н. Володченко, Д.В. Юрчук // Современные наукоемкие технологии. — 2006. — № 2. — С. 59—60.
2. Володченко А.Н. Попутные продукты горнодобывающей промышленности в производстве строительных материалов / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик, С.И. Алфимов, Р.В. Жуков // Современные наукоемкие технологии. — 2005. — № 10. — С. 79—79.
3. Володченко А.Н. Силикатный бетон на нетрадиционном сырье / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, Ю.В. Фоменко, С.И. Алфимов // Бетон и железобетон. — 2006. — № 6. — С. 16—18.
4. Володченко А.Н. Силикатные материалы на основе вскрышных пород Архангельской алмазоносной провинции / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, С.И. Алфимов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. — 2006. — № 3. — С. 67—70.
5. Володченко А.Н. Оптимизация свойств силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего / А.Н. Володченко, Р.В. Жуков, В.С. Лесовик, Е.А. Дороганов // Строительные материалы. — 2007. — № 4. — С. 66—69.
6. Володченко А.Н. Повышение эффективности производства автоклавных материалов / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик // Известия высших учебных заведений. Строительство. — 2008. — № 9. — С. 10—16.
7. Володченко А.Н. Силикатные автоклавные материалы с использованием нанодисперсного сырья / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик // Строительные материалы. — 2008. — № 11. — С. 42—44.
8. Володченко А.Н. Регулирование свойств ячеистых силикатных бетонов на основе песчано-глинистых пород / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик, С.И. Алфимов, А.А. Володченко // Известия вузов. Строительство. — 2007. — № 10. — С. 4—10.

9. Володченко А.Н. Влияние механоактивации известково-сапонитового вяжущего на свойства автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2011. — № 3. — С. 13—16.
10. Володченко А.Н. Особенности взаимодействия магнезиальной глины с гидроксидом кальция при синтезе новообразований и формирование микроструктуры / А.Н. Володченко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2011. — № 2. — С. 51—55.
11. Володченко А.Н. Глинистые породы в производстве силикатного кирпича / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 26. — № 2. — С. 8—10.
12. Володченко А.Н. Глинистые породы — сырье для производства автоклавных ячеистых бетонов / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 26. — № 2. — С. 11—14.
13. Володченко А.Н. Взаимодействие мономинеральных глин с гидроксидом кальция в гидротермальных условиях / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 30. — № 3. — С. 35—37.
14. Володченко А.Н. Вяжущее на основе магнезиальных глин для автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 30. — № 3. — С. 38—41.
15. Володченко А.Н. Автоклавные силикатные материалы на основе отходов горнодобывающей промышленности / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 47. — № 4. — С. 29—32.
16. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на оптимизацию микроструктуры автоклавных силикатных материалов / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 47. — № 4. — С. 32—36.
17. Володченко А.Н. Реологические свойства газобетонной смеси на основе нетрадиционного сырья / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. — 2012. — № 3. — С. 45—48.
18. Володченко А.Н. Автоклавные ячеистые бетоны на основе магнезиальных глин / А.Н. Володченко, В.С. Лесовик // Известия вузов. Строительство. — 2012. — № 5. — С. 14—21.
19. Володченко А.Н. Магнезиальные глины — сырье для производства автоклавных ячеистых бетонов / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2013. — Т. 43. — № 1. — С. 3—7.

20. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на пластичность газобетонной массы / А.Н. Володченко // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2013. — Т. 43. — № 1. — С. 7—10.
21. Ключникова Н.В., Получение металлокомпозиционных материалов / Н.В. Ключникова, Е.А. Лымарь // Стекло и керамика. — 2006. — № 2. — С. 33—34.
22. Ключникова Н.В. Перспективные композиционные материалы на основе металлической матрицы и неметаллического наполнителя / Н.В. Ключникова, А.М. Юрьев, Е.А. Лымарь // Успехи современного естествознания. — 2004. — № 2. — С. 69—69.
23. Ключникова Н.В. Принципы создания керамометаллического композита на основе глин и металлического алюминия / Н.В. Ключникова // Естественные и технические науки. — 2012. — № 2(58). — С. 450—452.
24. Ключникова Н.В. Керамометаллические композиционные материалы с высоким содержанием алюминия / Н.В. Ключникова // Современные проблемы науки и образования. — 2011. — № 6. — С. 107—107.
25. Ключникова Н.В. Проблемы совместимости керамической матрицы и металлического наполнителя при изготовлении композитов строительного назначения / Н.В. Ключникова, Е.А. Лымарь, А.М. Юрьев // Строительные материалы. — 2005. — № 11. — С. 54—56.
26. Ключникова Н.В. Термомеханическое совмещение компонентов при создании керамометаллических композитов / Н.В. Ключникова // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2012. — Т. 6. — № 2. — С. 65—69.
27. Ключникова Н.В. Изучение взаимодействия между компонентами при создании керамометаллических композиционных материалов / Н.В. Ключникова // Сборник научных трудов Sworld по материалам международной научно-практической конференции. — 2011. — Т. 10. — № 4. — С. 5—8.
28. Ключникова Н.В. Рентгенофазовый анализ композиционных материалов на основе глин / Н.В. Ключникова // Сборник научных трудов SWorld по материалам международной научно-практической конференции. — 2013. — Т. 7. — № 1. — С. 3—10.

## О НАПРЯЖЁННОМ СОСТОЯНИИ СВАРНЫХ УЗЛОВ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Михайленко Татьяна Георгиевна*

*канд. ист. наук, доцент ЮЗГУ,  
г. Курск*

*E-mail: [mihailenko62@mail.ru](mailto:mihailenko62@mail.ru)*

## ON THE STRESSED STATE WELDED UNITS OF STEEL STRUCTURES

*Mikhailenko Tatiana*

*candidate of Historic Sciences, Associate Professor of SWSU, Kursk*

### АННОТАЦИЯ

Для обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации сварных узлов строительных стальных конструкций нужно точно рассчитать их напряжённое состояние, которое образуется в результате взаимодействия напряжений от приложенных нагрузок и остаточных от сварки. С помощью упрощённой методики расчёта остаточных напряжений можно получить их эпюру перпендикулярно сварному шву и определить ширину развития области растягивающих напряжений. При проектировании сварных узлов следует не только учитывать надёжную передачу усилия, но и избегать близкого расположения друг к другу сварных швов.

### ABSTRACT

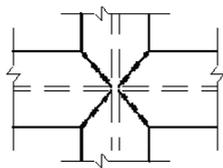
To ensure safe and reliable operation of welded units of steel structures it is necessary to accurately calculate their state of stress, which results from the interaction of stresses from the applied loads and residual stresses from the welding. With help of a simplified of technique of calculation of residual stresses one can get a drawing of stresses perpendicular to the weld and to determine the width of the field of tensile stresses. When designing welded assemblies should consider not only reliable force transfer but and avoid close proximity to each other welds.

**Ключевые слова:** узел соединения; стальная конструкция; остаточные напряжения; сварной шов.

**Keywords:** unit of structures; steel structure; residual stresses; unit weld.

При создании нового решения узла соединения стальных конструкций необходимо продумать методику его расчёта, рассматривая сопряжения конструкций в первую очередь как приспособления для передачи усилий с элемента на элемент. При таком взгляде упрощается конструирование и возрастает понимание работы строительных конструкций. Разработка методики расчёта узла одновременно с его конструированием приводит к пониманию физического процесса передачи нагрузки с одного элемента на другой. При разработке новых конструктивных решений узлов стального каркаса следует учитывать следующие правила [4]: при восприятии усилия в одном узле объединять одинаковые по механизму передачи усилия по соединениям, максимально сокращать путь прохождения усилия по элементам узла, обеспечивать удобство выполнения конструктивного решения.

Наиболее логичным путём передачи усилия с элемента на элемент является, конечно, путь по линии действия усилия. Если это невозможно осуществить, то следует хотя бы стремиться направить путь передачи усилия под некоторым небольшим углом к первоначальной линии его действия. Расположение элемента, воспринимающего усилие, перпендикулярно элементу, передающему усилие, может привести к неблагоприятным последствиям. Например, к расслоению металла листа, расположенного перпендикулярно усилию, срезу болтов, образованию трещин в сварных швах, потере устойчивости элементов. Конечно, все эти негативные факторы можно предотвратить соответствующим расчётом. Но при этом либо будет увеличен расход стали на устройство узла, либо будут проводиться дополнительные технологические операции по изготовлению деталей сопряжения элементов. При добавлении в узел стальных листов, деталей предпочтительнее, чтобы добавленный элемент воспринимал какое-либо одно конкретное усилие. Это упрощает понимание работы узла в целом и его расчёт, а стало быть, и надёжность при применении данного конструктивного решения. Иногда узел соединения конструкций можно осуществить только с помощью сварки (см. рис. 1).



**Рисунок 1. Узел сопряжения металлических двутавровых балок одинаковой высоты [5]**

Для обеспечения надёжной и безопасной эксплуатации строительных стальных конструкций нужно как можно более точно рассчитать их напряжённое состояние, которое образуется в результате взаимодействия напряжений от приложенных нагрузок и остаточных напряжений изготовления. Сверление отверстий для болтовых соединений снимает поле остаточных напряжений в месте сверления и уменьшает его во всей конструкции. Поэтому в качестве остаточных напряжений при изготовлении узлов стальных конструкций следует рассматривать только напряжения от сварки. Для того чтобы оценить их уровень и область распространения, нужно рассчитать  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$ ,  $\tau_{xy}$ . Так как стальные конструкции в большинстве своём являются тонкостенными, то рассматривается плоское напряжённое состояние.

Остаточные напряжения от сварки образуются в металле, нагретом выше изотермы пластичности  $600^\circ\text{C}$ . Образование остаточных напряжений [1] происходит в момент остывания шва до  $600^\circ\text{C}$ . Таким образом, если осуществлять сварку в ранее преднапряжённом остаточными (например, прокатными или сварными) напряжениями элементе, то в месте приварки исходное поле остаточных напряжений снимается, и его можно не учитывать.

Для определения остаточных напряжений от сварки находится расчётный момент времени  $t$ , когда центр шва остывает до  $600^\circ\text{C}$ . Для нахождения напряжений по оси сварного шва формулы из [1] можно упростить, приравняв координату  $u$ , определяющую расположение точек вне шва, нулю и поместив начало координат в центр шва. Тогда формулы примут следующий вид [2]: для временных напряжений по оси шва  $\sigma_{брx}$  и  $\sigma_{брy}$ :

$$\sigma_{брx} = A \left\{ \left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{\left(x + \frac{l}{2}\right)^2}{4at}\right)}{x + \frac{l}{2}} - \frac{1 - \exp\left(-\frac{\left(x - \frac{l}{2}\right)^2}{4at}\right)}{x - \frac{l}{2}} \right] - \left[ -\sqrt{\frac{\pi}{4at}} \left[ \Phi\left(\frac{x + \frac{l}{2}}{\sqrt{2at}}\right) - \Phi\left(\frac{x - \frac{l}{2}}{\sqrt{2at}}\right) \right] \right] \right\} \quad (1),$$

$$\sigma_{bpy} = A \cdot \left[ \frac{1 - \exp\left(-\frac{(x + \frac{l}{2})^2}{4at}\right)}{x + \frac{l}{2}} - \frac{1 - \exp\left(-\frac{(x - \frac{l}{2})^2}{4at}\right)}{x - \frac{l}{2}} \right] \quad (2),$$

где

$$A = \frac{Q \cdot \alpha \cdot E}{2 \cdot \pi \cdot c \cdot \gamma} \quad (3)$$

где:  $Q$  — тепловая нагрузка,  
 $c\gamma$  — объёмная теплоёмкость,  
 $\alpha$  — коэффициент линейного расширения,  
 $E$  — модуль упругости стали,  
 $t$  — расчётный момент времени,  
 $x$  — координата,  
 $l$  — длина шва;  
 для остаточных напряжений по оси шва  $\sigma_x$  и  $\sigma_y$ :

$$\sigma_x = -\frac{\sigma_i - \sigma_T}{\sqrt{4k_T \cdot \pi}} \left[ \frac{1 - \exp\left[-k_T \left(x + \frac{l}{2}\right)^2\right]}{x + \frac{l}{2}} - \frac{1 - \exp\left[-k_T \left(x - \frac{l}{2}\right)^2\right]}{x - \frac{l}{2}} \right] + \quad (4)$$

$$+ \frac{\sigma_i - \sigma_T}{2} \left[ \Phi\left(\frac{x + \frac{l}{2}}{\sqrt{\frac{1}{2k_T}}}\right) - \Phi\left(\frac{x - \frac{l}{2}}{\sqrt{\frac{1}{2k_T}}}\right) \right]$$

$$\sigma_y = -\frac{\sigma_i - \sigma_T}{\sqrt{4k_T \cdot \pi}} \left[ \frac{1 - \exp\left[-k_T \left(x + \frac{l}{2}\right)^2\right]}{x + \frac{l}{2}} - \frac{1 - \exp\left[-k_T \left(x - \frac{l}{2}\right)^2\right]}{x - \frac{l}{2}} \right] \quad (5)$$

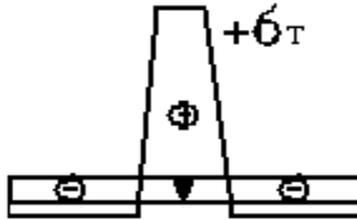
где:  $\sigma_i$  — интенсивность временных напряжений:

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma_{bpx}^2 + \sigma_{bpy}^2 - \sigma_{bpx} \cdot \sigma_{bpy}} \quad (6)$$

$$k_T = \frac{1}{y_{пл}} \cdot \ln 100 \quad (7),$$

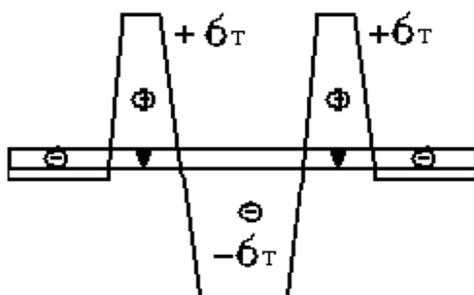
где:  $y_{пл}$  — ширина распространения зоны пластических деформаций.

Распространение остаточных напряжений перпендикулярно шву происходит по экспоненте. Эпюра остаточных напряжений в сварном шве будет иметь вид [3] (см. рис. 2): Площади напряжений растяжения и сжатия на эпюре равны.



*Рисунок 2. Вид эпюры остаточных напряжений в сварном шве*

При приложении в узле усилий от соединения конструкций происходит релаксация напряжений в зоне сварного шва и можно говорить лишь об изменении ширины области напряжений растяжения рядом со сварным швом. Там, где прикладываются напряжения сжатия, область растянутых напряжений суживается, и наоборот, она расширяется там, где прикладываются напряжения растяжения от усилий в конструкциях. Ширина развития области напряжений растяжения согласно расчётам невелика и может составить 1—2 см [2]. Поэтому наиболее опасно расположение сварных швов параллельно друг другу на расстоянии от 4 до 8 см (см. рис. 3). При очень близком расположении сварных швов, например, тогда, когда осуществляется тавровое соединение, область развития пластических деформаций от одного шва развивается почти в том же месте, где и область развития пластических деформаций от другого шва, и расчёт остаточных напряжений можно производить от одного шва [3].



**Рисунок 3. Вид эпюры остаточных напряжений от двух сварных швов, расположенных на расстоянии от 4 до 8 см**

При приложении усилий сжатия начнут перераспределяться сжимающие напряжения между сварными швами, расширяя сжатую зону и уменьшая растянутую рядом со сварными швами. Близкое расположение сварных швов друг к другу вызовет суммирование (нелинейное) полей напряжений, что может негативно сказаться на работе конструкций.

### Список литературы:

1. Игнатъева В.С., Кочергин Ю.Г. К расчёту остаточных сварочных напряжений // Сб.тр. МИСИ — М., 1966. — С. 373—392.
2. Михайленко Т.Г. Аналитическое определение места возможного разрушения сварной конструкции // Материалы и упрочняющие технологии: материалы XIX Российской научно-технической конференции с международным участием — Курск, 2012. — С. 184—190.
3. Михайленко Т.Г. Сравнение остаточных напряжений в прокатных балках и в сварных с размерами, аналогичными прокатным. // Деп. в ВИНТИ. № 2660 В 2001 от 25.12.2001. — 12 с.
4. Михайленко Т.Г., Виткалова О.В. Новые конструктивные решения узлов стального каркаса здания // Безопасность строительного фонда России: материалы международных академических чтений. — Курск, 2007. — С. 113—117.
5. Михайленко Т.Г., Рубашкина Е.А. Узел сопряжения металлических двутавровых балок одинаковой высоты // Патент России № 41319. 2004. Бюл. № 29. — С. 5.

## СЕКЦИЯ 6.

### ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

#### ТЕНДЕНЦИИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД

***Еськин Антон Андреевич***

*ассистент кафедры Инженерных систем зданий и сооружений, ДВФУ,  
г. Владивосток*

*E-mail: [eskin.aa@dvfu.ru](mailto:eskin.aa@dvfu.ru)*

***Амёхина Антонина Валерьевна***

*студент 4-го курса кафедры  
Инженерных систем зданий и сооружений, ДВФУ,  
г. Владивосток*

*E-mail: [toss.08@mail.ru](mailto:toss.08@mail.ru)*

***Слепенчук Александр Андреевич***

*студент 4-го курса кафедры  
Инженерных систем зданий и сооружений, ДВФУ,  
г. Владивосток*

*E-mail: [slep93@gmail.com](mailto:slep93@gmail.com)*

# INTENSIFICATION TRENDS OF PHYSICAL AND CHEMICAL METHODS FOR OILY WATERS TREATMENT

*Eskin Anton Andreevich*

*assistant lecturer of department Engineering systems of buildings and constructions, FEFU, Vladivostok*

*Amyokhina Antonina Valerievna*

*student of department Engineering systems of buildings and constructions, FEFU, Vladivostok*

*Slepenchuk Alexander Andreevich*

*student of department Engineering systems of buildings and constructions, FEFU, Vladivostok*

*Исследование выполнено при поддержке Программы «Научный фонд» ДВФУ, грант № 12-08-13023-м-18/13.*

## АННОТАЦИЯ

Рассмотрены основные тенденции развития физико-химических способов очистки сточных нефтесодержащих вод. Представлен обзор наиболее перспективных устройств очистки сточных вод электрофлотацией, напорной флотацией, флотацией с применением коагуляции. Выявлены технические решения позволяющие интенсифицировать процесс извлечения тонкоэмульгированных частиц из сточных нефтесодержащих вод.

## ABSTRACT

We have considered the basic tendencies of physical and chemical methods of cleaning oily waste water. Hereafter is an overview of the most promising devices of wastewater treatment via use of electroflotation, pressure flotation and flotation with the application of coagulation. We have identified technical solutions allowing to intensify the process of finely emulsify particles' extraction from waste oily water.

**Ключевые слова:** нефтесодержащие воды; напорная флотация; электрофлотация; коагуляция.

**Keywords:** oily water; pressure flotation; electroflotation; coagulation.

## **Введение**

Нефтепродукты являются одними из наиболее распространенных антропогенных загрязнителей поверхностных водоемов и водотоков, а в некоторых регионах также и подземных источников питьевого водоснабжения. Они попадают в окружающую среду в результате сброса неочищенных и недостаточно очищенных нефтесодержащих сточных вод, техногенных аварий, вследствие неорганизованного отвода ливневого и талого стоков с территорий, загрязненных различными нефтепродуктами и маслами.

В РФ основным способом очистки сточных нефтесодержащих вод предприятий хранения и переработки нефтепродуктов, сточных вод ТЭЦ и других промышленных предприятий, является применение устройств механической очистки, таких как нефтеловушки, буферные резервуары, песколовки, принцип работы которых основан на отстаивании. Использование данных устройств позволяет понизить остаточное содержание нефтепродуктов до 50—300 мг/л и более в зависимости от дисперсности частиц нефтяной эмульсии. Однако согласно требованиям нормативных документов [2] содержание нефтепродуктов в сточных водах должно составлять не более 0,1—0,3 мг/л. Получить такую степень очистки возможно только с использованием физико-химических или электрохимических методов [9]. Основным недостатком данных методов являются высокие эксплуатационные затраты, в связи с этим оказывается перспективной разработка новых, более эффективных устройств очистки. Неотъемлемой частью такой разработки является поиск тенденций развития устройств физико- и электро-химической очистки.

На основании проведенного патентного поиска выявлено, что наибольшее распространение по частоте патентования устройств очистки нефтесодержащих вод, получили устройства реализующие очистку электрофлотацией и электрокоагуляцией, напорной флотацией, флотацией с применением коагулянтов.

### **Электрохимические методы очистки**

Электрохимические методы очистки традиционно подразделяют на электрокоагуляцию и электрофлотацию. При электрокоагуляции через очищаемую сточную воду пропускают постоянный электрический ток, при этом частицы нефтепродуктов, которые без специальной перезарядки имеют отрицательный заряд, осаждаются на положительно заряженном, нерастворимом, аноде. При электрофлотации, в результате электролиза воды, на катоде происходит выделение водорода, на аноде кислорода. Образующиеся пузырьки газов при взаимодействии с гидрофобными поверхностями загряз-

нений образуют флотоагрегаты, которые всплывают и концентрируются в поверхностном слое.

Основной тенденцией в данной области является использование двухступенчатой очистки за счет разделения катодной и анодной камер [5—7, 11, 12]. Очищаемая жидкость поступает первоначально в анодную камеру, где происходит осаждение нефтепродуктов на нерастворимом, чаще всего пористом, аноде и частично их укрупнение. Для удаления укрупненных комплексов с поверхности анода применяется либо периодическая промывка анодной камеры очищаемой жидкостью [12], либо аноды расположены под наклоном [5, 7] и комплексы выносятся набегающим потоком очищаемой жидкости. Далее очищаемая жидкость поступает в катодную камеру, где происходит ее флотация пузырьками водорода на поверхность очищаемой жидкости, с дальнейшим удалением через специальные патрубки или каналы.

В некоторых работах первоначально жидкость поступает в катодную камеру, а затем в анодную [7].

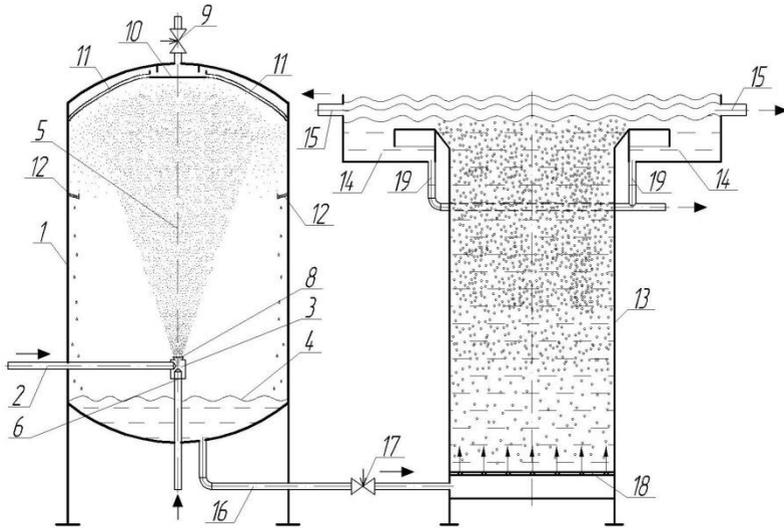
Интенсификация электрохимической очистки может быть достигнута за счет использования камеры заполненной каталитической загрузкой, состоящей из железа, серы, кремния и др. веществ. Катодная и анодная камера разделены мембраной, предназначенной для раздельного сбора кислорода и водорода, при этом нефтепродукты флотируются пузырьками водорода, а собранный кислород отводится в каталитическую камеру, где за счет засыпки проходит усиленное окисление растворенных в воде загрязнений.

### **Напорная флотация**

При напорной флотации, широко применяемой на тепловых электростанциях, обрабатываемую воду насыщают газом (воздухом) путем его растворения. Для этого в поток воды обычно перед насосом подают воздух (3—5 % по объему воды), который перемешивается с водой в насосе; полученная смесь сжимается в нем и подается в специальный напорный бак (сатуратор), где в течение некоторого времени выдерживается для растворения воздуха. Далее насыщенную при повышенном давлении жидкость через редуцирующий клапан направляют в бак находящийся под атмосферным давлением, или под вакуумом, где за счет резкого падения давления происходит выделение пузырьков воздуха с дальнейшей флотацией ими растворенных нефтепродуктов.

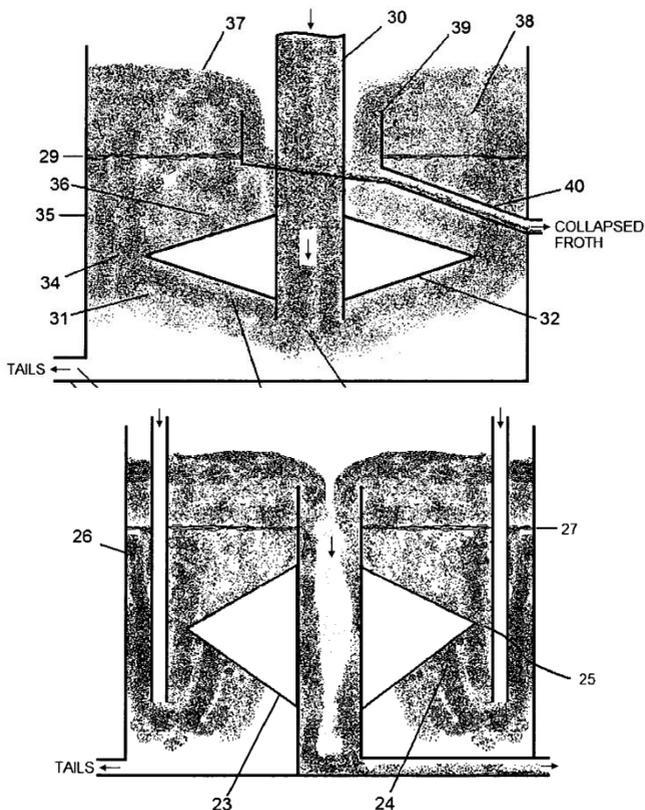
Основной областью усовершенствования напорной флотации является способ приготовления газовоздушной смеси. Газонасыщение можно интенсифицировать за счет мелкодисперсного распыления

очищаемой жидкости при давлении выше атмосферного, что позволяет практически мгновенно насыщать очищаемую жидкость, а не тратить время на ее насыщение в баке (рис. 1). При этом насыщению может подвергаться жидкость предварительно прошедшая ступень вакуумной очистки [3].



**Рисунок 1. Устройство для очистки нефтесодержащих и сточных вод [3]**

Кроме этого, за рубежом разрабатывается большое количество устройств [10, 13], в которых подача предварительно насыщенной при избыточном давлении очищаемой жидкости осуществляется в нижнюю часть флотационной камеры, имеющей ромбовидные ограничители, предназначенные для стабилизации потока пузырьков и частиц (рис. 2).



**Рисунок 2. Устройство для адсорбционного разделения пузырьками [10]**

### **Флотация с применением коагулянтов.**

Под коагуляцией следует понимать образование в коллоидных системах из мелких частиц более крупных агрегатов, легко удаляемых из воды механическими или физико-химическими методами.

При коагуляции очищаемую жидкость флотируют, удаляя из нее наиболее загрязненные вещества, затем производят добавление хлопьеобразующих реагентов, затем повторно флотируют и отстаивают [4]. В большинстве работ коагуляция применяется только как дополнительная ступень очистки при флотационном или механическом разделении.

На сегодняшний день существует большое количество как отечественных, так и зарубежных работ, в которых в качестве коагулянтов применяются химические реагент различного состава (титановые и алюмосодержащие коагулянты).

Интенсифицировать флотационное извлечение (в том числе с применением коагуляции) возможно за счет использования магнитного поля. В работе [1] очистка основана на смешении нефтесодержащих сточных вод с магнитной жидкостью в соотношении 1:0,0005. После интенсивного перемешивания смеси капельки магнитной жидкости растворяются в нефтезагрязнениях, которые становятся слабомагнитными. Полученную эмульсию пропускают через область однородного магнитного поля, которое интенсифицирует процесс вытеснения омагниченных нефтепродуктов, и извлекают магнитные капли, снижая таким образом содержание нефтепродуктов в воде и повышая качество очистки смеси.

В работе [8] данный способ реализуется за счет фильтрования очищаемой жидкости через гранулированный ферромагнитный материал, находящийся в магнитном поле, причем ферромагнитный материал образует замкнутую магнитную цепь. При этом магнитный сепаратор периодически промывают обратным током воды при отключенном магнитном поле.

### **Выводы**

На основе проведенного анализа отечественных и зарубежных работ можно выявить следующие тенденции развития устройств очистки нефтесодержащих вод:

- В области электрофлотации — разделение анодной и катодной камеры; интенсификация удаления осаждающихся на аноде загрязнений; использование камер с катализирующей загрузкой.
- При напорной флотации — насыщение очищаемой жидкости распылением, использование стабилизаторов потока во флотационной камере.
- Использование магнитного поля для выделения предварительно омагниченных частиц нефтепродуктов.

Данные тенденции могут быть полезны при проектировании новых устройств и совместных схем очистки сточных нефтесодержащих вод.

### Список литературы:

1. Боковикова Т.Н., Степаненко С.В., Капустянская Ж.В., Марченко Л.А., Двадненко М.В., Привалова Н.М., Ефименко С.А. Способ очистки нефтесодержащих сточных вод// Патент России № 2333158. 2008.
2. ГН 2.1.5.689-98. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М.: Изд-во стандартов, 1998. — 36 с.
3. Еськин А.А., Цыганкова К.В., Захаров Г.А., Морозов Д.С., Ткач Н.С., Тищенко М.В. Устройство для очистки нефтесодержащих и сточных вод// Патент России № 2474538. 2013, Бюл № 4.
4. Муляк В.В., Хабибуллин А.Р., Родак В.П., Шишкина С.В. Способ очистки нефтесодержащих пластовых соленых вод до питьевого качества с использование коагулянта титанового// Заявка на патент России № 2007135538. 2007.
5. Назаров В.Д., Назаров М.В., Хабибуллина М.Р. Устройство электролитической очистки нефтесодержащих вод// Патент России № 2356849. 2009.
6. Назаров В.Д., Назаров М.В., Хабибуллина М.Р. Электрофлотатор для очистки нефтесодержащих вод// Патент России № 2465214. 2012.
7. Назаров В.Д., Назаров М.В., Хабибуллина М.Р.; Устройство электролитической обработки нефтесодержащих вод// Патент России № 2360869. 2009.
8. Назаров В.Д., Назаров М.В. Способ подготовки пластовых вод для системы поддержания пластового давления нефтяных месторождений и устройство для его осуществления// Патент России № 2325330. 2008.
9. Стахов Е.А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов. М. — Недра, 1983. — 263 с.
10. Clayton R.L., Falling S.N., Kanel J.S., Calvert Churn III C. Process and apparatus for adsorptive bubble separation // Pat. United States № 8,251,228. 2008.
11. Hannu L.S. Method and apparatus for removing impurities from waste water by electroflotation// Pat. United States № 8, 211, 290. 2003.
12. Hu D. Method and apparatus for treating wastewater containing emulsified /, Pat. United States № 8, 723, 240. 2006.
13. Thorsen L., Larsen K.E., Muller U. Flotation device // Pat. United States № 8, 075, 770. 2008.

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ  
НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ НА ИЗВЛЕЧЕНИЕ  
СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ПРИМЕСЕЙ  
ПРИ ФЛОТАЦИИ УГЛЕЙ  
НИЗКОЙ СТАДИИ МЕТАМОРФИЗМА**

***Муллина Эльвтра Ринатовна***

*канд. техн. наук, доцент МГТУ,  
г. Магнитогорск*

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

***Мишурина Ольга Алексеевна***

*канд. техн. наук, доцент МГТУ,  
г. Магнитогорск*

*E-mail: [olegro74@mail.ru](mailto:olegro74@mail.ru)*

***Чупрова Лариса Васильевна***

*канд. пед. наук, доцент МГТУ,  
г. Магнитогорск*

*E-mail: [lvch67@mail.ru](mailto:lvch67@mail.ru)*

**STUDY OF INFLUENCE OF NONORGANIC SALTS  
ON SULFUR-CONTAINING ADDITIVE AGENTS'  
EXTRACTION WHILE FLOTATION  
OF LOW METAMORPHISM STAGE COALS**

***Mullina Elvtra***

*candidate of Technical Sciences, associate professor of Magnitogorsk State  
Technical University, Magnitogorsk*

***Mishurina Olga***

*candidate of Technical Sciences, associate professor of Magnitogorsk State  
Technical University, Magnitogorsk*

***Chuprova Larisa***

*candidate of Pedagogical Sciences, associate professor of Magnitogorsk  
State Technical University, Magnitogorsk*

## АННОТАЦИЯ

В статье представлены исследования влияния неорганических серосодержащих солей на флотацию углей низкой стадии метаморфизма. Изучено влияние представленных солей на депрессию серосодержащих примесей газовых углей. Сделаны выводы о целесообразности использования серосодержащих солей в качестве реагентов — модификаторов, депрессирующих пирит при флотации углей.

### ABSTRACT

In the article there are presented observations about influence of nonorganic sulfur-containing salts on flotation of coals of low metamorphism stage. There was examined an influence of the given salts on depression of fiery coals' sulfur-containing additive agents. As a result there was made a conclusion about feasibility of use of sulfur-containing salts as conditioning agents, which suppress pyrite while coals flotation.

**Ключевые слова:** угли низкой стадии метаморфизма; флотация; флотореагенты; реагенты-модификаторы; депрессирующее действие; гидрофобность; гидрофильность; равновесный краевой угол смачивания; электроотрицательность.

**Keywords:** coals of low metamorphism stage; flotation; flotation reagents; conditioning agents; suppressive action; hydrophobicity; hydrophilicity; equilibrium limiting wetting angle; electronegativity.

В настоящее время особое внимание уделяется качеству угольных концентратов. Наряду с традиционно нормируемыми показателями качества все большее значение приобретает показатель его сернистости. Это обусловлено тем, что использование высокосернистых углей в промышленности приводит к коррозии и преждевременному изнашиванию технологического оборудования, к снижению качества продукции металлургического производства, а также к ухудшению экологической обстановки в районах углепользования.

В связи с этим весьма актуальное значение приобретают технологии обессеривания угольного сырья на стадиях, предшествующих термической переработке, среди которых наиболее эффективным является использование флотационного обогащения углей за счет применения модифицирующих добавок, улучшающих качественно-количественные показатели процесса флотации.

В настоящей работе в качестве модифицирующих добавок были использованы неорганические серосодержащие соединения, выбор которых был основан на имеющихся литературных данных, свидетельствующих о том, что их использование приводит к снижению

содержания серы в углях [1, 2, 3]. Однако, в указанных материалах приводятся лишь общие сведения о возможном направлении действия неорганических солей, не позволяющие дать конкретные рекомендации для практики флотации углей низкой стадии метаморфизма.

Исследование влияния неорганических солей на качественно-количественные показатели флотации донецких газовых углей проводились методом пенной флотации (таблица 1).

**Таблица 1.**

**Результаты флотации донецких газовых углей**  
( $A^c=21,3\%$ ,  $\alpha_{\text{общ.серы}}=1,83\%$ ,  $\alpha_{\text{пир.серы}}=1,09\%$ )

Реагенты	Расход, кг/т	Концентрат, %					Извлечение в отходы, %		
		Выход	Зольность	Извлечение горючей массы	Содержание серы, %		Минерального вещества	Серы	
					общей	пиритной		общей	пиритной
ВКП	0,99	77,38	8,02	90,44	1,78	0,91	70,87	24,72	35,49
CuSO <sub>4</sub> ВКП	0,05 0,99	77,40	8,01	90,47	1,77	0,90	70,89	24,98	36,12
MnSO <sub>4</sub> ВКП	0,05 0,99	77,42	7,99	90,51	1,76	0,89	70,96	25,67	37,04
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ВКП	0,05 0,99	77,53	7,68	90,95	1,68	0,84	72,04	28,78	40,03
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ВКП	0,05 0,99	77,59	7,41	91,28	1,64	0,77	73,01	30,62	45,27
MgSO <sub>4</sub> ВКП	0,05 0,99	77,64	7,34	91,41	1,60	0,74	73,24	32,27	46,98
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ВКП	0,05 0,99	76,19	7,29	89,75	1,58	0,74	73,92	34,04	48,54
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> ВКП	0,05 0,99	75,48	7,22	88,98	1,53	0,72	74,41	36,98	49,87

Анализ данных таблицы 1 показывает, что при использовании сульфатов в качестве модификаторов наблюдается некоторое увеличение выхода концентрата. При использовании солей с анионами SO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup> происходит снижение выхода концентрата на 1,9 и 1,19 % соответственно, вследствие большей по сравнению с сульфатами гидрофиллизацией поверхности углей (таблица 2).

Таблица 2.

**Результаты измерения краевых углов смачивания  
на донецких газовых углях**

Реагенты	Краевой угол смачивания, $\theta^{\circ}$			
	1 капля	2 капля	3 капля	среднее
Вода	62,86	61,93	61,16	61,98
CuSO <sub>4</sub>	60,04	60,14	60,47	60,22
MnSO <sub>4</sub>	59,34	59,49	59,37	59,40
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	58,11	58,31	58,66	58,36
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	57,88	57,62	57,62	57,71
MgSO <sub>4</sub>	56,41	57,22	57,52	57,05
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	51,12	51,81	50,93	51,29
Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	46,39	47,15	47,83	47,12

Исследование депрессирующего действия неорганических солей по отношению к серосодержащим примесям углей показывает, что все исследованные соли способствуют снижению содержания общей и пиритной серы в угольном флотоконцентрате (таблица 1). Сравнительный анализ изменения извлечения общей и пиритной серы в отходы позволяет расположить исследуемые соли по увеличению их депрессирующего действия в следующий ряд: CuSO<sub>4</sub> → MnSO<sub>4</sub> → Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> → Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> → MgSO<sub>4</sub> → Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> → Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.

Наиболее эффективные депрессирующие свойства по отношению к серосодержащим примесям углей проявляют сульфит и тиосульфат натрия, использование которых позволяет увеличить переход общей серы в отходы флотации на 12,26 и 9,32 % соответственно. Однако, снижение выхода концентрата при использовании этих солей не позволяет рекомендовать их в качестве модифицирующих добавок при флотации углей. Нецелесообразным является также использование сульфатов меди и марганца, которые незначительно увеличивают переход серы в отходы флотации. Наиболее приемлемым представляется применение в качестве реагентов-модификаторов сульфатов магния, железа и алюминия. При использовании этих солей достигается увеличение извлечения общей серы в отходы на 7,55; 5,90 и 4,06 % соответственно.

Для выявления причин депрессирующего действия неорганических солей и установления характера взаимодействия их с поверхностью пирита предпринято детальное изучение строения пирита

и солей-депрессантов. Так, выявлено, что характерной особенностью кристаллической структуры пирита является доступность атомов серы для взаимодействия с химическими соединениями.

Анализ адсорбционных возможностей пирита показывает, что по классификации Киселева пирит сочетает в себе свойства адсорбентов 2 и 3 типа, то есть, содержит на своей поверхности локально сконцентрированные положительные и отрицательные заряды. Следовательно, пирит способен адсорбировать на своей поверхности вещества, как за счет специфического взаимодействия, так и за счет слабого неспецифического взаимодействия. Существенное влияние на величину адсорбции оказывает природа катионов изучаемых солей, которая в большей степени обусловлена величиной разности относительных электроотрицательностей связей  $\Delta$  ОЭО s-э. Катионы металлов исследуемых солей по увеличению  $\Delta$  ОЭО s-э располагаются в следующей последовательности:  $\text{Cu} \rightarrow \text{Mn} \rightarrow \text{Al} \rightarrow \text{Fe} \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{Na}$ .

Увеличение  $\Delta$  ОЭО s-э обуславливает увеличение ионного характера связи  $\text{S} \leftarrow \text{Э}$ , что приводит к образованию более прочных связей или возрастанию их числа, что в свою очередь создает возможность для закрепления большего количества молекул воды на модифицированной поверхности пирита.

Депрессия серосодержащих примесей углей в данном случае осуществляется за счет гидрофилизации модифицированной поверхности пирита посредством образования водородных связей между атомами кислорода сульфогрупп и молекулами воды флотационной пульпы, в результате чего закрепление пузырьков воздуха на пирите существенно затрудняется, а вероятность сохранения закрепившихся пузырьков снижается, что в свою очередь приводит к подавлению пирита в процессе флотации.

При изучении степени гидрофилизации поверхности пирита под действием серосодержащих модификаторов установлено, что исследуемые соли гидрофилизуют поверхность пирита (снижают равновесный краевой угол смачивания  $\theta$ ) в следующем порядке:  $\text{CuSO}_4$  ( $37,48^\circ$ )  $\rightarrow$   $\text{MnSO}_4$  ( $35,53^\circ$ )  $\rightarrow$   $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  ( $32,44^\circ$ )  $\rightarrow$   $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  ( $31,29^\circ$ )  $\rightarrow$   $\text{MgSO}_4$  ( $29,16^\circ$ )  $\rightarrow$   $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $27,18^\circ$ )  $\rightarrow$   $\text{Na}_2\text{SO}_3$  ( $24,01^\circ$ ).

Такой порядок расположения солей вполне согласуется с рядом увеличения перехода серы в отходы флотации и рядом увеличения  $\Delta$  ОЭО s-э. Этот факт позволяет сделать вывод о существовании зависимости между  $\Delta$  ОЭО s-э,  $\theta$  на пирите и подавлением пиритной серы в отходы флотации. Так, с увеличением  $\Delta$  ОЭО s-э уменьшается  $\theta$ , что обусловлено тем, что на пирите более прочно и в большем

количестве происходит закрепление молекул солей и как следствие возрастает вероятность гидрофилизации частиц пирита. Это означает, что уже в период агитации процесса флотации будет происходить осаждение пиритсодержащих зерен, что приводит к уменьшению содержания серы во флотоконцентрате.

Таким образом, анализ полученных результатов определения разности относительных электроотрицательностей  $\Delta \text{ОЭО } s\text{-э}$ , краевых углов смачивания, выхода концентрата и степени подавления пирита в отходы позволяет сделать вывод о целесообразности использования сульфатов магния, алюминия, железа и других в качестве реагентов — модификаторов, депрессирующих пирит при флотации углей.

### **Список литературы:**

1. Аглямова Э.Р., Медяник Н.Л., Орехова Н.Н.. Влияние неорганических серосодержащих солей на флотацию газовых углей / Вестник МГТУ. — 2003, № 3 — С. 69—72.
2. Влияние катионов металлов на растворение пирита в присутствии Fe (III) при pH=2 / Sasaki Kieko // Shigen to sozai=J. Mining and Mater Process Inst.Jap. — 1996. — 112, № 4. — с. 231—237. — Яп.
3. Хан Г.А., Габриелова Л.И., Власова Н.С. Флотационные реагенты и их применение. М.: Недра, 1986. — 271 с.

**СЕКЦИЯ 7.**  
**ТЕХНОЛОГИЯ**  
**ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ**

**ИКОРНЫЙ ПРОДУКТ НА ОСНОВЕ ОТСТОЯ**  
**ИЗ МОРОЖЕНЫХ ЯСТЫКОВ**  
**ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ**

*Сурикова Анастасия Александровна*  
*магистрант Школы биомедицины ДВФУ,*  
*г. Владивосток*  
*E-mail: [surikova1991@inbox.ru](mailto:surikova1991@inbox.ru)*

*Шульгина Лидия Васильевна*  
*д-р биол. наук, профессор ДВФУ,*  
*г. Владивосток*  
*E-mail: [lvshulgina@mail.ru](mailto:lvshulgina@mail.ru)*

**CAVIAR PRODUCTS ON THE BASIS**  
**OF SLUDGE FROM THE FROZEN**  
**PACIFIC SALMON ROE**

*Surikova Anastasia*  
*master student School of biomedical DVFU, Vladivostok*

*Shulgina Lidija*  
*doctor of Biological Sciences, professor DVFU, Vladivostok*

**АННОТАЦИЯ**

Определено содержание и изучен химический состав отстоя после размораживания ястыков икры лососевых рыб. Разработаны рецептура и технология нового икорного продукта на основе отстоя икры лососей. Новый икорный продукт содержит таурин, омега-3 жирные кислоты и фосфолипиды, количество которых в 100 г

позволяет полностью восполнить суточную потребность у человека. Икорный продукт можно относить к группе функциональных.

#### **ABSTRACT**

The content of and studied the chemical composition of the sludge after thawing yastiks salmon roe. Developed a new recipe and technology-based product caviar salmon roe sludge. The new product contains caviar taurine, omega-3 fatty acids and phospholipids, the number of which is 100 g allows you to completely make up for the daily needs of a person. Caviar product can be attributed to the functional group.

**Ключевые слова:** лососи, икра, отстой, продукты функциональные.

**Keywords:** salmon, caviar, sucks, functional foods.

Лососевые рыбы являются одними из основных промысловых видов рыб дальневосточных морей. Запасы их оцениваются как очень большие, ежегодный объем добычи составляет около 500,0 тыс. т [3, С. 16]. Доля икры в общей массе рыбы в зависимости от ее биологического состояния составляет 5—10 %. Из икры лососевых рыб изготавливают очень вкусную и полезную икорную продукцию (икра зернистая соленая бочковая и баночная), которая высоко востребована населением России и других стран.

Производство готовой икорной продукции осуществляется в условиях с высоким санитарным уровнем, что в местах промысла и первичной обработки лососей создать очень трудно. В этой связи при разделке рыбы чаще всего извлеченные ястыки икры быстро замораживаются и затем реализуются рыбоперерабатывающим предприятиям для дальнейшей переработки.

При производстве икорных продуктов из мороженой икры лососей выход готовой продукции зависит от стадии созревания икры. При размораживании мороженых ястыков образуется большое количество икорного отстоя и лопанца, которые в настоящее время не нашли широкого применения в рыбной промышленности. Потери икры за счет лопанца после размораживания и пробивки икры могут достигать более 30 % [4, с. 13]. В свою очередь, использование икорного отстоя и лопанца для получения пищевых продуктов позволит увеличить выход готовой икорной продукции.

Целью настоящей работы явилось изучение возможности получения икорного продукта из отстоя после размораживания ястыков тихоокеанских лососей.

Объектами исследований являлась мороженые ястыки икры горбуши и кеты; отстой, полученный при размораживании мороженых ястыков икры.

На первом этапе были определены отходы и потери массы сырья к исходному его количеству при переработке мороженых ястыков горбуши и кеты на соленую зернистую икру. На стадии размораживания ястыков лососей потери в виде отстоя и лопанца составили: для икры из горбуши — 7 %, кеты — 8 %. Отстой представлял собой полужидкую массу оранжевого оттенка.

Исследования химического состава показали, что в отстое после размораживания ястыков содержится 14,1—15,8 % белков и 19,3—21,4 % жира.

Белки отстоя, как и икры в ястыках, являются полноценными, их аминокислотный скор не уступает эталонному белку. Среди заменимых аминокислот в икорном отстое горбуши и кеты привлекает внимание высокое содержание таурина — 0,6—0,7 г на 100 г белков. Таурин представляет собой серосодержащую аминокислоту, которая в свободной форме содержится в клетках сердечной мышцы, скелетной мускулатуре, центральной нервной системы, сетчатке глаза и других тканях человека [1, с. 129—140]. В организме человека он участвует во многих биохимических процессах: тормозит повышение уровня холестерина в крови, нормализует функции органов зрения, снимает чувство усталости, укрепляет нервную систему, проявляет антиоксидеские, антиоксидантные и другие свойства, что обуславливает мощное адаптогенное и оздоровительное воздействие. В наземных животных или растениях таурин присутствует в незначительных количествах. Суточная потребность человека в таурине составляет 400 мг.

Исследования фракционного состава липидов показали высокое содержание фосфолипидов (7,9—9,7 %) в отстое после размораживания ястыков икры лососевых рыб. Известно, что фосфолипиды входят в структуру клеточных мембран, нервной ткани, печени, сердечной мышцы, половых желез, нуклеиновых комплексов клетки и ее ядра, выполняют существенную роль в функционировании клеточных оболочек и внутриклеточном обмене и других множественных функциях [2, с. 21—23].

В липидах икорного отстоя отмечалось высокое содержание ненасыщенных жирных кислот, среди которых особое место занимают омега-3 и омега-6 жирные кислоты, проявляющие выраженное лечебно-профилактическое действие. Соотношение насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот (в общей сумме жирных

кислот) в отстое из ястыков горбуши составляло 21,8:49,9:28,3, из ястыков кеты — 24,6:48,5:26,9. Высокое количество полиненасыщенных жирных кислот в отстое икры лососей обусловлено, в основном, содержанием эйкозапентаеновой (C<sub>20:5</sub>) и докозагексаеновой (C<sub>22:6</sub>) кислот, соответственно, 39,2 % и 24,5 % от общей суммы полиненасыщенных жирных кислот. Эти жирные кислоты относятся к омега-3 жирным кислотам, которые являются незаменимыми для человека веществами, практически не синтезируются в организме человека, поэтому должны поступать извне в достаточном количестве.

Таким образом, результаты исследования показали, что отстой, полученный при размораживании ястыков икры лососевых рыб, представляет собой пищевое сырье для получения функциональных продуктов питания, так как является богатым источником фосфолипидов и ненасыщенных жирных кислот, а также таурина. При переработке 100 кг мороженых ястыков икры лососей образуется не менее 7 кг отстоя, который можно использовать для получения икорных продуктов по типу «икорное масло».

Рецептура икорных продуктов на основе мороженой икры лососей и икорного отстоя приведена в табл. 1.

**Таблица 1.**

### Рецептура икорных продуктов

Компонент	Количество, % от общей массы в вариантах	
	1	2
Икра в ястыках после размораживания	60,0	
Отстой из мороженых ястыков кеты		65,0
Растительное масло	36,5	27,1
Поваренная соль	2,5	2,0
Раствор каррагинана	-	5,0
Эмульгатор Е471	0,8	0,6
Сорбиновая кислота	0,1	0,1
Бензоат натрия	0,1	0,1

Отстой или икру помещали в смеситель, гомогенизировали, проводили подготовку эмульгатора Е471 на растительном масле, который затем вносили в икорную смесь, после чего добавляли соль, 1,5 % раствор каррагинана, сорбиновую кислоту и бензоат натрия, гомогенизировали в течение 5 мин.

Полученные икорные продукты представляли собой розоватую пастообразную однородную массу с нежной мажущейся консистенцией, очень приятным икорным запахом и вкусом, без постороннего привкуса.

**Химический состав и энергетическая ценность икорных продуктов разных вариантов приведены в таблице 2.**

*Таблица 2.*

**Химический состав и энергетическая ценность  
новой икорной продукции**

Показатели	Содержание (%) в вариантах	
	1	2
Влага	35,6—38,8	53,1—50,6
Белки	18,6—20,1	9,1—9,9
Жир	41,3—42,9	36,7—38,6
Минеральные вещества	1,3—1,4	1,1—1,2
Энергетическая ценность, ккал	446,1—466,9	366,7—386,8

Как видно, пищевая и энергетическая ценность готовых икорных продуктов на основе мороженных ястыков икры кеты и горбуши высокая. Однако, в группе масложировых продуктов они занимают среднее положение — до 50 % жира. Преимуществом разработанных продуктов является полное исключение жира наземных животных в их составе. Соотношение насыщенных, моно- и полиненасыщенных жирных кислот в новых икорных продуктах составляло: в варианте 1 — 24,25: 33,11: 42,54, в варианте 2 — 22,28: 40,87: 36,38. При производстве подобных икорных продуктов чаще всего используется масло сливочное, в котором около 70 % от общей суммы жирных кислот составляют насыщенные жирные кислоты, холестерин содержится в количестве 20 г/100 г.

В составе икорного продукта на основе отстоя присутствуют фосфолипиды в количестве 4,74—5,82 % от общей суммы липидов, средняя суточная потребность взрослого человека в которых составляет 5 г. Содержание таурина составляет 0,36—0,42 г на 100 г продукта.

На основании результатов выполненных исследований сделаны следующие выводы:

При размораживании ястыков икры лососевых рыб образуется отстой в количестве 7 % и более от массы исходного сырья, который богат таурином, омега-3 жирными кислотами и фосфолипидами.

Разработаны рецептура и технология нового икорного продукта на основе отстоя мороженных ястыков икры лососевых рыб. В 100 г

нового икорного продукта содержание таурина, полиненасыщенных жирных кислот и фосфолипидов лососевых рыб позволяет полностью восполнить суточную потребность в них у человека, что обуславливает отности продукт к группе функциональных.

### **Список литературы:**

1. Аюшин Н.Б. Таурин: Фармакологические свойства и перспективы получения из морских организмов / Н.Б. Аюшин // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра, 2001. — Т. 29. — С. 129—145.
2. Гундерман К.И. Новейшие данные о механизмах действия и клинической эффективности эссенциальных фосфолипидов / К.И. Гундерман // Клинические перспективы гастроэнтерологии, гепатологии, 2002. — № 3. — С. 21—24.
3. Состояние промысловых ресурсов дальневосточного рыбохозяйственного бассейна. Прогноз общего вылова гидробионтов на 2012 год. — Владивосток: Фгуп «ТИНРО-Центр», 2012. — 112 с.
4. Штанько Т.И. Разработка технологии икры лососевой зернистой с использованием молочной сыворотки / Т.И. Штанько / Автореф. канд. дисс. — Владивосток, 2012. — 25 с.

# ВЛИЯНИЕ МАСЛЯНЫХ ЭКСТРАКТОВ ПРЯНОСТЕЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ КУЛИНАРНЫХ ПРОДУКТОВ

*Шульгина Лидия Васильевна*

*д-р биол. наук, профессор ДВФУ,  
г. Владивосток*

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

*Лаженцева Любовь Юрьевна*

*канд. биол. наук, доцент Дальрыбвтуза,  
г. Владивосток*

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

## EFFECT OF OIL SPICES EXTRACTS FOR CULINARY PRODUCT SAFETY

*Shulgina Lidija*

*doctor of Biological Sciences, professor of DVFU, Vladivostok*

*Lazhenceva Lyubov*

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Dal'rybvtuz,  
Vladivostok*

### АННОТАЦИЯ

Исследовано влияние масляных экстрактов пряностей на микробиологические показатели кулинарных изделий из морепродуктов. Установлено, что масляные экстракты пряностей стабилизируют рост бактерий и микроскопических грибов, обеспечивают увеличение срока хранения продукции.

### ABSTRACT

The effect of oil extracts of spices on microbiological dishes from seafood. Found that the oil extracts of spices to stabilize the growth of bacteria and fungi, provide increased shelf-life.

**Ключевые слова:** пряности; экстракты; кулинарные изделия; микроорганизмы; стабилизация.

**Keywords:** spice extracts; culinary products; microorganisms stabilization.

Кулинарные продукты из гидробионтов пользуются высоким спросом у населения. Наиболее востребованы различные салаты и солянки на основе кальмара, морской капусты и других морепродуктов. Однако, эти кулинарные продукты относятся к группе скоропортящихся и всегда содержат остаточную микрофлору, которая при хранении может привести к порче пищевого продукта и, возможно, к возникновению пищевого отравления. Известные и традиционно используемые антисептические вещества, добавляемые в пищевой продукт, такие, как бензоат натрия и сорбиновая кислота, значительно снижают пищевую ценность готового продукта и нередко проявляют цитотоксические свойства [1, с. 110]. Кроме того, некоторые консерванты могут проявлять свои антисептические свойства только в кислой реакции среды или в водной фазе, что не всегда свойственно для кулинарных продуктов, особенно в которые добавляется масло.

Таким образом, для оптимизации технологий получения кулинарных продуктов из гидробионтов, а именно салатов, необходим поиск способов, позволяющих сдерживать процессы микробной порчи сырья и сохранять нативную пищевую ценность продуктов.

В рецептуры салатов из гидробионтов нередко входят пряности, в которых вещества до 70 % относятся к группе жирорастворимых соединений и способны проявлять антимикробную активность. Тем не менее, в литературе отсутствуют сведения об использовании антисептических свойств пряностей в технологии получения пищевых продуктов.

В ФГБОУ ВПО «Дальрыбвтуз» был разработан способ получения пищевых масел с выраженными антисептическими свойствами [2, с. 4—6], в основу которого положены масляная экстракция и накопление высокоактивных жирорастворимых компонентов измельченных пряностей. Полученные масла по органолептическим и физико-химическим показателям не имеют существенных отличий от обычных растительных масел, поэтому рекомендованы для замены растительных масел в пищевых технологиях.

Целью настоящей работы явилось изучение влияния пряно-масляных экстрактов на микробиологические показатели безопасности и сроки хранения кулинарных продуктов из гидробионтов.

Сырьём для получения кулинарных продуктов явились пряности, масло растительное, дальневосточные моллюски, морская капуста, кукумария японская, лук, морковь и другие вспомогательные материалы.

Опытные и контрольные образцы кулинарных продуктов готовили следующим образом. Морскую капусту, моллюски, кукумарию

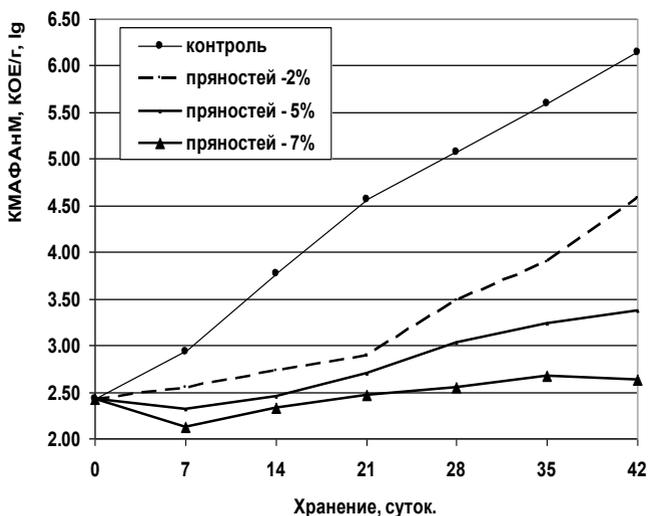
японскую размораживали, подвергали мойке и стеканию. Кукумарию, мясо моллюсков, морскую капусту варили известным способом, после охлаждения шинковали. Свежие овощи шинковали, пассировали в растительном масле. Подготовленные компоненты перемешивали в следующем соотношении, масс. %: мясо моллюсков — 48, морская капуста — 11,8, масло растительное (или пряно-масляный экстракт) — 15,4, лук пассированный — 6,0, морковь пассированная — 6,0, вода — 11, соль — 1,7, уксусная кислота — 0,1. Полученные смеси направляли на тепловую обработку при температуре 120°C в течение 10 мин, далее фасовали, укупоривали герметично, направляли на хранение.

Изготовление пряно-масляных экстрактов осуществляли с соответствию с разработанным ранее способом [2, с. 4—6]. Соотношение пряностей в исходной пряно-масляной смеси составляло от 1 до 10 %.

При получении контрольных образцов кулинарных продуктов использовали растительное масло по той же рецептуре, но добавляли бензоат натрия в количестве 0,1 %.

Качество контрольного и опытных образцов кулинарных изделий из морепродуктов исследовали после приготовления и в процессе хранения при температуре  $2\pm 2^\circ\text{C}$  в течение 1,5 мес.

Результаты исследований показали, что в процессе хранения в опытных образцах кулинарных продуктов с пряно-масляными экстрактами, содержание пряностей в исходных смесях которых составляло до 2,0 %, достоверных отличий показателей микробиологической безопасности от контрольных образцов не выявлено. Образцы кулинарных продуктов с пряно-масляными экстрактами, содержание пряностей в исходных смесях которых составляло 8—10 %, характеризовались выраженным запахом пряностей, что несколько снижало их органолептические характеристики. В этой связи, в процессе хранения в течение 1,5 мес. изучали кулинарные продукты опытных образцов с заливкой пряно-масляными экстрактами, в исходных смесях которых содержание пряностей составляло 2,0—7,0 %. Результаты исследования по изменению общей численности микроорганизмов в контрольных и опытных образцах кулинарных продуктов показаны на рисунке.



***Рисунок 1. Изменение численности микроорганизмов в кулинарных продуктах с растительным маслом (контроль) и пряно-масляными экстрактами при хранении***

После изготовления образцов общее число микроорганизмов не превышало допустимых значений (не более  $5 \times 10^4$  КОЕ/г) и в среднем составляло  $2,6 \cdot 10^2 \pm 0,15 \cdot 10^2$  клеток в 1 г. При хранении количество микроорганизмов в кулинарных продуктах увеличивалось с различной интенсивностью. Их число в контрольном образце 21 день хранения превысило допустимую норму (4,6 lg). В кулинарных продуктах с пряно-масляными экстрактами в процессе хранения отмечалось торможение роста микроорганизмов. Степень стабилизации развития бактерий находилась в зависимости от содержания смеси молотых пряностей в исходных пряно-масляных смесях. Число бактерий в кулинарных продуктах с заливкой экстракта на основе исходной смеси, содержащей 2,0 % пряностей, к нормативному значению приблизилось после 42 суток хранения. В опытных образцах, в которых количество пряностей в исходных смесях составляло 5,0—7,0 %, были значительно ниже допустимых значения КМАФАнМ. Это указывает на то, что пряно-масляные экстракты проявляют выраженное ингибирующее влияние на развитие микроорганизмов в кулинарных продуктах при их хранении.

После изготовления кулинарных продуктов в контрольных и опытных образцах микроскопические грибы не были обнаружены. После хранения в течение 7 суток в контрольных образцах продуктов были обнаружены дрожжи в количестве 50 клеток, по мере хранения численность их увеличивалась. В опытных образцах продуктов с заливкой пряно-масляного экстракта, в котором исходное содержание корицы составляло 2 %, единичные клетки (до 10) плесеней и дрожжей были выявлены только после 2-месячного хранения.

Таким образом, использование масляных экстрактов пряностей позволяет стабилизировать развитие микроорганизмов в кулинарных изделиях из морепродуктов и увеличить сроки их хранения.

Пряно-масляные экстракты ингибируют развитие плесневых и дрожжеподобных грибов, являющихся возбудителями порчи продукции длительного хранения.

### **Список литературы:**

1. Лаженцева Л.Ю. Биологическая оценка рыбных продуктов с пищевыми добавками и консервантами / Л.Ю. Лаженцева, Л.В. Шульгина, Г.И. Загородная, О.В. Зимина // Известия вузов. Пищевая технология, 2009 г. — № 1. — С. 108—110.
2. Патент РФ № 2427277. Способ получения пищевого масла / Лаженцева Л.Ю., Ким Э.Н., Шульгина Л.В., Шульгин Р.Ю.: Опубл. 27.08.2011, Бюлл. № 24. — 7 с.

## СЕКЦИЯ 8.

### ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

#### КОНТРОЛЬ ОТВЕРСТИЙ КАЛИБРАМИ

***Касенов Асылбек Жумабекович***

*канд. техн. наук, доцент ПГУ,  
г. Павлодар*

*E-mail: [asylbek\\_kasenov@mail.ru](mailto:asylbek_kasenov@mail.ru)*

***Сагындыкова Жанаргуль Мадениетовна***

*магистрант ПГУ им. С. Торайгырова спец. 6M075000 — Метрология,  
г. Павлодар*

*E-mail: [zhaka\\_1912@mail.ru](mailto:zhaka_1912@mail.ru)*

#### CONTROL HOLES OF CALIBERS

***Kasenov Asylbek***

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor of PSU, Pavlodar*

***Sagindykova Zhanargul***

*the undergraduate of PSU named after S. Toraygyrov  
speciality 6M075000 — Metrology, Pavlodar*

#### АННОТАЦИЯ

В статье предлагается контроль годности отверстий деталей машин проверять разработанной конструкцией — регулируемым калибром-пробкой, что позволит расширить диапазон регулирования калибров-пробок, а следовательно, расширить область применения калибров-пробок и уменьшить затраты на инструментальный материал.

#### ABSTRACT

In article deals with validity control of holes of machine details to check developed construct which is regulated to plug-gauge letting to

expand range of plug-gauge regulation. There fore to expand plug-gauge usage range and (decreasing) reducing spending on instrumental material.

**Ключевые слова:** отверстие; контроль; калибры; регулирование; измерение.

**Keywords:** offset; inspection; calibers; regulation; measurement.

**Калибры** — предназначены для оценки годности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей детали, т. е. выяснить выходит ли контролируемый параметр за пределы допуска.

Калибры делятся на виды: предельные, для проверки фасонных поверхностей, и нормальные, которые состоят из проходной и непроходной сторон. Конструирование предельных калибров осуществляется согласно принципу Тейлора, согласно которому проходной калибр проверяет параметры, по всей длине соединения учитывая погрешность формы, и является прототипом сопрягаемой поверхности. Непроходной калибр проверяет только непосредственно размер детали и поэтому имеет малую длину.

Существенными недостатками нормальных калибров являются низкая производительность, потребность в высокой квалификации рабочих, отсутствие объективности контроля.

Для контроля поверхностей деталей машин с IT6 по IT17 применяют калибры: калибры-пробки (контроль отверстий), калибры-скобы (контроль валов).

Для контроля деталей в процессе их изготовления применяют рабочие калибры, для контроля самих калибров — контрольные калибры.

Предельные калибры состоят из:

- проходного калибра (ПР), размер соответствует проходному термину;
- непроходного калибра (НЕ), размер соответствует непроходному термину.

Калибры-скобы и калибры-пробки изготавливаются однопредельные и двухпредельные, причем последние выполняются односторонними или двухсторонними [3].

Годность деталей калибрами осуществляется следующим образом:

- проходная сторона калибра-пробки должна пройти через все отверстие без применения силы;

- непроходная сторона калибра-пробки не должна входить в отверстие без применения силы. Если это возможно, отверстие нужно контролировать с обеих сторон;
- если проходная сторона не прошла — исправимый брак;
- если непроходная сторона прошла — неисправимый брак.

При контроле калибрами нельзя применять силу, особенно при использовании калибров-скоб, поскольку калибр в некоторых случаях можно «затолкать» на вал, несмотря на сопротивление деталей. В таком случае скоба «раскрывается» несмотря на относительно высокую жесткость конструкции и возвращается в исходное состояние после снятия нагрузки. Основное правило, которое позволяет избежать недопустимых деформаций, — контроль прохождения/ непрохождения калибра под действием собственного веса. Это означает, что пробку надо опускать в отверстие при вертикальном положении его оси, а скобу следует опускать сверху при горизонтальном расположении оси вала. Для изменения контрольного сечения вала его поворачивают вокруг горизонтальной оси, а направление перемещения скобы остается вертикальным.

Известные конструкции калибров-пробок для контроля отверстий по проходным и непроходным размерам, выполненные совместно с корпусом как одно целое [1].

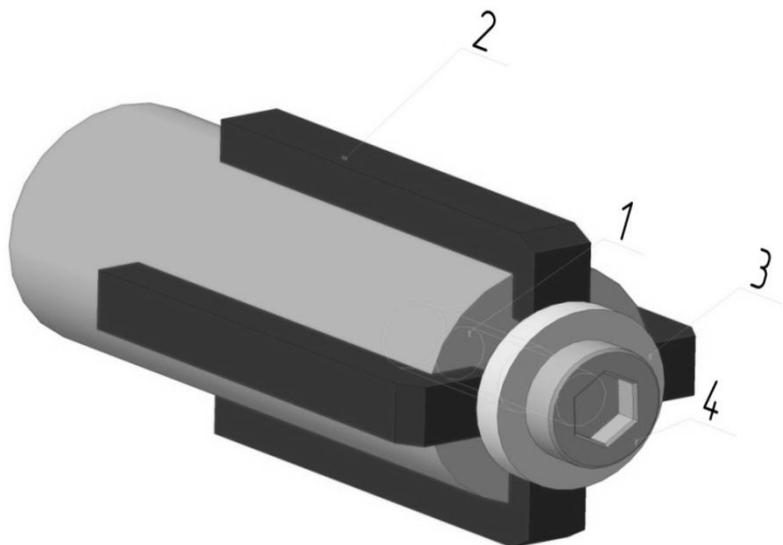
При контроле деталей калибрами основной недостаток — это изготовление калибров для каждого контролируемого параметра.

Калибр-пробка предназначен для контроля отверстий. Калибр-пробка содержит корпус, контрольные вставки, выполненные по проходному и непроходному размерам, и элементы фиксации вставок к корпусу. Он установлен в обойму с возможностью осевых перемещений и подпружинен. Между контрольными вставками и элементами фиксации установлены эластичные вкладыши. На корпусе нанесены сигнальные индексы годности и брака по проходному и непроходному размерам, а на обойме выполнены прорези. Контрольные вставки имеют кольцевые проточки. Расширяются технологические возможности калибра-пробки и повышаются его эксплуатационные свойства [2].

Однако в этой конструкции существует субъективность контроля размеров, особенно в нежестких материалах, так как на результаты контроля оказывает влияние фактор физических качеств контролера. Кроме того, ограничен срок службы калибра, так как каленые до высокой твердости рабочие части калибра при случайных падениях калибра или ударах ломаются по шейке - переходной выточке между корпусом и рабочей частью.

Регулируемые калибры имеют узкий диапазон регулирования и высокую точность, настраиваются на предельные размеры и занимают промежуточное положение между микрометром и предельным калибром.

Для контроля отверстий предлагаем регулируемый калибр-пробку, который состоит из корпуса 1 и четырёх вставок 2, настраиваемые на контролируемый диаметр при помощи микрометрического винта 4 (рисунок 1).



*Рисунок 1. Регулируемый калибр-пробка*

Таким образом, применение предлагаемого калибр-пробки позволит расширить диапазон регулирования калибров, а следовательно, расширить область применения калибров-пробок, а также уменьшить затраты на инструментальный материал.

#### **Список литературы:**

1. ГОСТ 14807-69-ГОСТ 14826–69. Калибры-пробки гладкие диаметром от 1 до 360 мм. Конструкция и размеры.
2. Калибр-пробка: пат. 2536963 Рос. Федерация. 96117646/28: 29.08.96 заявлен: опубл. 20.04.98.
3. Кутай А.К. Справочник по производственному контролю в машиностроении: 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1974. — 676 с.

**ДЕМПФИРОВАНИЕ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ  
ИНЕРЦИАЛЬНОЙ  
НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ  
НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ**

*Нестеров Максим Александрович*  
магистрант СГТУ им. Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов  
E-mail: [n\\_maximka@mail.ru](mailto:n_maximka@mail.ru)

*Наумов Сергей Геннадиевич*  
канд. техн. наук, доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов  
E-mail: [naumov\\_sstu@mail.ru](mailto:naumov_sstu@mail.ru)

**THE DAMPING OF STRAPDOWN INERTIAL  
NAVIGATION SYSTEM WITH USING  
THE SATELLITE NAVIGATION SYSTEM**

*Nesterov Maksim*  
master student of Gagarin SSTU, Saratov

*Naumov Sergey*  
candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Gagarin SSTU,  
Saratov

**АННОТАЦИЯ**

Рассматривается вопрос демпфирования колебаний Шулера бесплатформенной инерциальной навигационной системы в кватернионных алгоритмах с использованием информации от спутниковой навигационной системы GPS. Исследование интегрированной системы проводилось с помощью математического моделирования. Данный способ позволяет демпфировать колебания Шулера в навигационной системе в комплексированном режиме. Углы ориентации определяются в 10—100 раз точнее, координаты в  $10^5$ — $2 \cdot 10^5$  раз.

## ABSTRACT

The damping strapdown inertial navigation system with the quaternion algorithms and GPS data is considered. The research of complexed systems was conducted by mathematical modeling. This method allows to damp the Shuler's oscillations the navigation system in the complex mode. The orientation angles are defined in 10—100 times more accurate. The coordinates are defined  $10^5$ — $2 \cdot 10^5$  times more accurate.

**Ключевые слова:** навигационная система; спутниковая навигационная система.

**Keywords:** navigation system; damping scheme, satellite navigation system.

В инерциальных навигационных системах (ИНС), применяемых в настоящее время в составе навигационных приборов, для демпфирования колебаний с частотой Шулера в целях сохранения невозмущаемости ИНС при движениях объекта используется информация от источников неинерциальной природы. Внешняя информация может быть полезна не только для уменьшения (или даже уничтожения) возмущений инерциальной системы, получающихся при введении в нее демпфирования, но может служить и для сокращения периода невозмущаемых колебаний системы. Наличие дополнительной внешней информации дает возможность демпфировать колебания в инерциальной системе без введения в нее возмущения и сокращать период собственных колебаний системы, не нарушая свойство невозмущаемости.

Благодаря последнему обстоятельству даже временное использование внешней информации может оказаться весьма полезным, так как за сравнительно короткий промежуток времени можно осуществить демпфирование колебаний, обусловленных начальными ошибками системы.

В данной работе рассматривается вопрос демпфирования шулеровских колебаний бесплатформенной инерциальной навигационной системы [2, 3, 4] в кватернионных параметрах с введением дополнительной информации со спутниковой навигационной системы GPS. Совокупная обработка информации от этих двух измерительных систем производится с применением калмановской фильтрации [1]. Для этого модель объекта наблюдения представлена в следующем виде:  $\dot{x} = Ax + GW$ , где  $W$  — нормальный случайный процесс с нулевым математическим ожиданием,  $G$  — матрица шумовых воздействий,  $A$  — матрица эволюции системы, которая воздействует

на вектор  $x$ ,  $x$  — вектор состояния объекта, который записывается следующим образом:

$$x = [\alpha; \beta; \chi; \Delta V_{\eta 1}; \Delta V_{\eta 2}; \Delta V_{\eta 3}; \Delta \varphi; \Delta \omega_{x1}; \Delta \omega_{x2}; \Delta \omega_{x3}; \Delta W_{x1}; \Delta W_{x2}; \Delta W_{x3}]^T,$$

где:  $\alpha, \beta, \chi$  — погрешности определения моделируемой в бортовом компьютере горизонтной системы координат,

$\Delta V_{\eta 1}, \Delta V_{\eta 2}, \Delta V_{\eta 3}$  — погрешности определения ИНС скоростей объекта,

$\Delta \varphi$  — погрешность вычисления широты,

$\Delta \omega_{x1}, \Delta \omega_{x2}, \Delta \omega_{x3}$  — дрейф нулей гироскопов,

$\Delta W_{x1}, \Delta W_{x2}, \Delta W_{x3}$  — сдвиг нулей акселерометров.

Применим процедуру оптимальной калмановской фильтрации и запишем в матричной форме следующие выражения:

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}} &= A\hat{x} + K(y - C\hat{x}), \quad y = Cx + R, \quad y = [\Delta V_{\eta 1}; \Delta V_{\eta 2}; \Delta V_{\eta 3}; \Delta \varphi]^T, \\ K &= PC^T R^{-1}, \quad \dot{P} = AP + PA^T - PC^T R^{-1} CP + GQG^T, \end{aligned}$$

где  $y$  — вектор наблюдения (с использованием информации от спутниковой навигационной системы),

$C$  — матрица измерений, связывающая истинный вектор состояния  $x$  и вектор произведенных измерений  $y$ ,

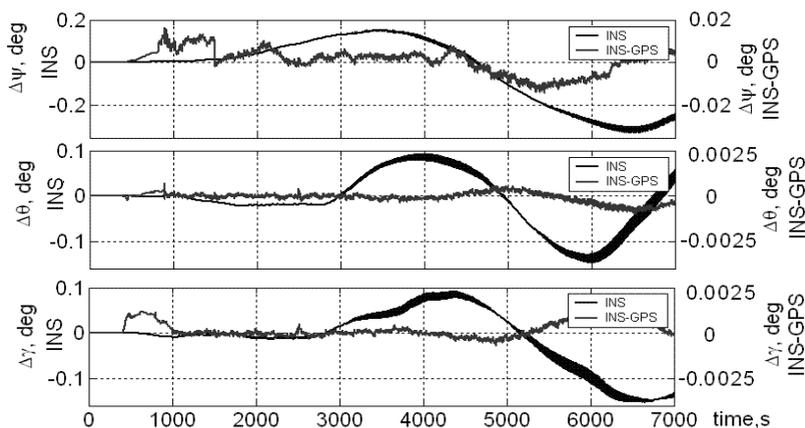
$V$  — белый гауссовский шум измерений с нулевым математическим ожиданием,

$R$  — ковариационная матрица.

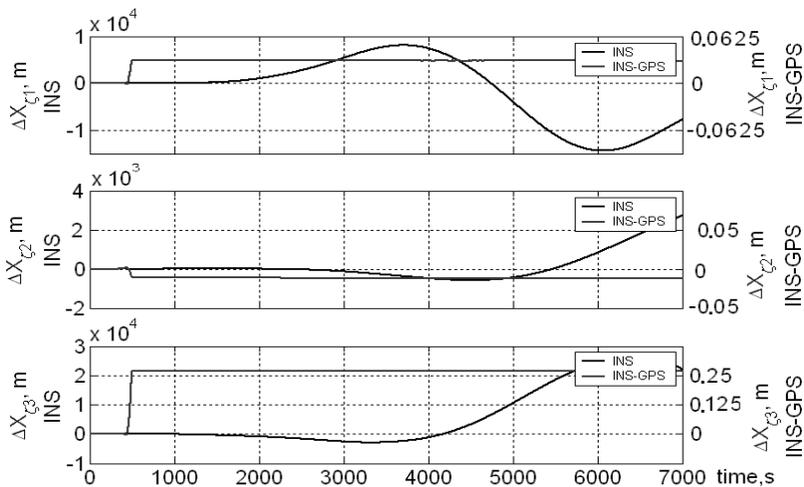
Работоспособность интегрированной системы проводилось с помощью математического моделирования. Для этого отдельно исследовалась автономная работа бесплатформенной навигационной системы кватернионных параметрах без использования информации от спутниковой навигационной системы. Затем исследовалась работа интегрированной системы: бесплатформенная ИНС и GPS с применением фильтра Калмана. Параметры моделирования: время работы — 7000 с, начальное положение — широта  $51.5^\circ$ , долгота  $45.9^\circ$ , метод интегрирования — Адамса четвертого порядка, шаг интегрирования 0,05 с, объект движется поступательно, в интервале времени с 1500с по 1520 с возникает ускорение  $1 \text{ м/с}^2$  в направлении на Север, а потом объект движется со скоростью 20 м/с с 1520 с по 7000 с, в интервале времени с 2500 с по 2520 с возникает ускорение  $1 \text{ м/с}^2$  в направлении

на Восток, а потом объект движется со скоростью 20 м/с с 2520 с по 7000 с, также задается колебания объекта по трем осям со следующими величинами: амплитуда качки 0,1 рад, частота качки  $0,2\pi$ ,  $0,1\pi$ ,  $0,04\pi$  рад/с по осям рыскания, тангажа и крена соответственно в интервале времени с 1000 с по 7200 с. Датчики первичной информации имеют следующие погрешности: дрейф нулей гироскопа 0.6 °/час, шум 0.3 °/час; сдвиг нулей акселерометров  $2 \cdot 10^{-4}$  м/с<sup>2</sup>, шум  $4 \cdot 10^{-5}$  м/с<sup>2</sup>. Система GPS выдает координаты с точность до метра.

На рис. 1—2 приведены графики моделирование работы автономной ИНС и интегрированной ИНС-GPS с применением калмановской фильтрации.  $\Delta\psi$ ,  $\Delta\theta$ ,  $\Delta\gamma$  — погрешности определения углов ориентации (рыскание, тангаж, крен, соответственно).  $\Delta X_{\zeta_1}$ ,  $\Delta X_{\zeta_2}$ ,  $\Delta X_{\zeta_3}$ , — погрешности определения координат.



**Рисунок 1. Моделирование работы автономной ИНС и интегрированной ИНС-GPS с применением калмановской фильтрации (погрешности углов ориентации)**



**Рисунок 2. Моделирование работы автономной ИНС и интегрированной ИНС-GPS с применением калмановской фильтрации (погрешности координат)**

Применение информации от GPS позволяет существенно повысить точность определения ориентационных и навигационных параметров бесплатформенной навигационной системой. Поэтому интегрированный режим ИНС-GPS дает возможность демпфировать шулеровские колебания в ИНС. Однако этот вариант демпфирования возможен только на подвижных объектах, где возможен устойчивый прием сигналов со спутниковых навигационных систем (морские, наземные объекты).

Ориентационные параметры вычисляются в 10—100 раз точнее, навигационные параметры в  $10^5$ — $2 \cdot 10^5$  раз. Из рис. 1—2 функционирования ИНС в кватернионных параметрах видны колебания с шулеровской частотой. В интегрированной системе эти колебания также заметны, однако их величина значительно меньше. Таким образом, применение информации от источников неинерциальной природы (например, GPS) позволяет в значительной степени повысить точность ИНС с настройкой на шулеровскую частоту, а значит и демпфировать колебания Шулера.

### **Список литературы:**

1. Анучин О.Н. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов / О.Н. Анучин, Г.И. Емельянцеv. — СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2003. — 390 с.
2. Плотников П.К. Элементы теории работы одной разновидности бесплатформенных инерциальных систем ориентации / П.К. Плотников // Гироскопия и навигация. — 1999. — № 3 (26). — С. 23—35.
3. Плотников П.К. Построение и анализ кватернионных дифференциальных уравнений задачи определения ориентации твердого тела с помощью бесплатформенной инерциальной навигационной системы / П.К. Плотников // Изв. РАН Механика твердого тела. — 1999. — № 2 (26). — С. 3—14.
4. Ривкин С.С. Определение параметров ориентации объекта бесплатформенной инерциальной системой / С.С. Ривкин, З.М. Берман, И.М. Окон — СПб.: ЦНИИ Электроприбор, 1996. — 226 с.

# АВТОНОМНОЕ ДЕМПФИРОВАНИЕ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

*Ястребова Екатерина Александровна*  
магистрант СГТУ им. Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов  
E-mail: [katuha\\_200787@mail.ru](mailto:katuha_200787@mail.ru)

*Наумов Сергей Геннадиевич*  
канд. техн. наук, доцент СГТУ им. Гагарина Ю.А.,  
г. Саратов  
E-mail: [naumov\\_sstu@mail.ru](mailto:naumov_sstu@mail.ru)

## AUTONOMOUS DAMPING OF STRAPDOWN INERTIAL NAVIGATION SYSTEM

*Yastrebova Ekaterina*  
master student of Gagarin SSTU, Saratov

*Naumov Sergey*  
candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Gagarin  
SSTU, Saratov

### АННОТАЦИЯ

Рассматривается возможность применения двух видов схем демпфирования бесплатформенных инерциальных навигационных систем: с двумя дополнительными вычислительными блоками и с использованием сглаживающих фильтров и нелинейных элементов в каналах интегральной коррекции по тангажу и крену. Проверена работоспособность данных схем методом математического моделирования работы навигационной системы.

### ABSTRACT

The two kinds of damping schemes strapdown inertial navigation systems are considered. First scheme is using two additional computational units. Second scheme is using smoothing filters and non-linear elements in the channels of the integrated correction in pitch and roll. The operation of these schemes is checked by mathematical modeling of the navigation system.

**Ключевые слова:** навигационная система; схема демпфирования, колебания Шулера.

**Keywords:** navigation system; damping scheme, Shuler's fluctuations.

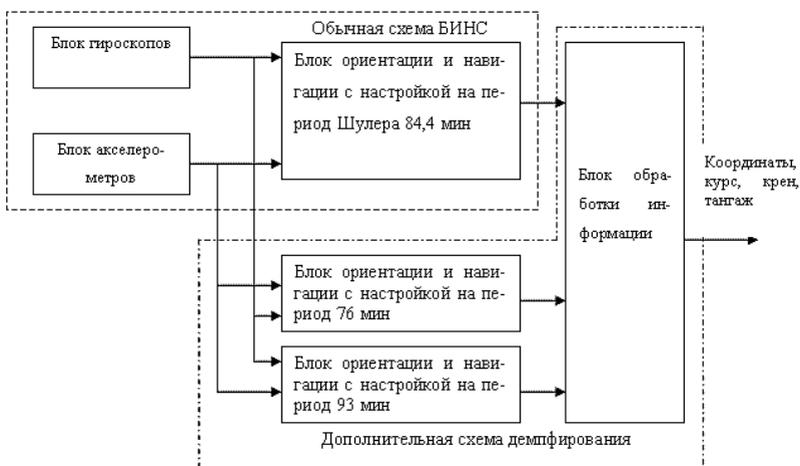
В последнее время получили широкое распространение бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС). В них применяются бортовые компьютеры, определяющие по сигналам гироскопов и акселерометров параметры ориентации и навигации подвижных объектов.

Недостатком БИНС является то, что ее ошибки со временем накапливаются. Это обусловлено методом счисления пути и погрешностями гироскопов и акселерометров. Скорости вычисляются интегрированием ускорений, и постоянная ошибка ускорений преобразуется в непрерывно нарастающие ошибки скоростей. Такая же ситуация складывается с ошибками при определении углов ориентации. Из-за формируемой по сигналам акселерометров интегральной коррекции с настройкой на период Шулера (84 мин) изменение ошибок происходит с частотой шулеровских колебаний. Кроме того, из-за различных малых погрешностей измерений амплитуда этих колебаний со временем увеличивается. В связи с погрешностями гироскопов возникают ошибки направления при измерении кажущегося ускорения и ускорения свободного падения, что также приводит к накоплению дополнительных погрешностей.

Таким образом, БИНС представляют собой колебательные системы и при длительной работе нуждаются в демпфирующем устройстве. Классическое демпфирование, вводимое в автономную инерциальную систему, кроме затухания колебаний вносит и погрешности в параметры, определяемые БИНС.

В настоящей статье рассматриваются два способа автономного демпфирования колебаний БИНС с периодом Шулера, первый из которых основан на применении дополнительной схемы (рис. 1).

В обычном режиме в бортовом компьютере с помощью алгоритмов работы БИНС формируются ориентационные и навигационные параметры [3]. В систему дополнительно добавлены два блока, которые по сигналам тех же гироскопов и акселерометров вырабатывают координаты и углы ориентации объекта с частотой собственных колебаний 76 и 93 мин (0,9 и 1,1 от периода Шулера). Однако эти параметры уже не являются инвариантными к действию линейных ускорений.



**Рисунок 1. Структура БИНС с дополнительной схемой демпфирования**

В блоке обработки информации происходит оценка погрешностей параметров по следующим формулам:

$$\begin{aligned} \Delta\psi &= (\hat{\psi}_2 - \hat{\psi}_1) / 2, \quad \Delta\theta = (\hat{\theta}_2 - \hat{\theta}_1) / 2, \quad \Delta\gamma = (\hat{\gamma}_2 - \hat{\gamma}_1) / 2, \\ \Delta\varphi &= (\hat{\varphi}_2 - \hat{\varphi}_1) / 2, \quad \Delta\lambda = (\hat{\lambda}_2 - \hat{\lambda}_1) / 2, \quad \Delta h = (\hat{h}_2 - \hat{h}_1) / 2, \end{aligned} \quad (1)$$

где:  $\hat{\psi}_1, \hat{\theta}_1, \hat{\gamma}_1, \hat{\varphi}_1, \hat{\lambda}_1, \hat{h}_1$  — оценки курса, тангажа, крена, широты, долготы и высоты, вырабатываемые блоком ориентации и навигации с настройкой на период 76 мин, индексом 2 обозначены оценки, вырабатываемые блоком ориентации и навигации с настройкой на период 93 мин,

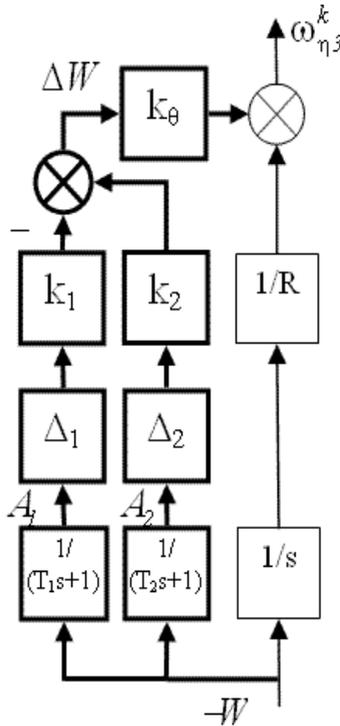
$\Delta\psi, \Delta\theta, \Delta\gamma, \Delta\varphi, \Delta\lambda, \Delta h$  — оценки погрешностей соответствующих параметров.

В блоке обработки информации также происходит введение демпфирования путем вычитания погрешностей, полученных по формуле (1), из параметров ориентации и навигации обычной схемы БИНС с настройкой на период Шулера.

Представленный первый способ демпфирования дает возможность автономно демпфировать собственные колебания БИНС

без введения дополнительных измерителей в систему, а также позволяет получать на выходе параметры с обычной классической схемы БИНС с настройкой на период Шулера. Демпфирование осуществляется за счет дополнительных математических вычислений и изменений параметров алгоритмов работы БИНС.

Рассмотрим также возможность применения второй схемы для демпфирования колебаний БИНС с периодом Шулера.



**Рисунок 2. Схема БИНС с демпфирующим контуром**

На рис. 2 приведена схема демпфирования в канале одного из углов ориентации БИНС (она базируется на аналогичном контуре платформенной системы, настроенной на шулеровскую частоту [1, 2]).

Утолщенными связями на схеме показан контур демпфирования по тангажу. Он вводится параллельно в линию вычисления объектового ускорения  $W$  в свободной горизонтальной системе координат. В данный контур входит два канала, содержащие сглаживающие

фильтры  $(Ts+1)^{-1}$  ( $T_1, T_2$  — временные константы,  $s$  — оператор Лапласа), нелинейные элементы ( $\Delta_1, \Delta_2$  — пороговые значения) и усилители ( $k_1, k_2$  — коэффициенты усиления). Для контура тангажа введен также усилитель —  $k_0$ . Информация из демпфирующего контура передается вместе с интегральным корректирующим сигналом в блок вычисления ориентационных параметров подвижного объекта для компенсации угловой скорости вращения Земли и линейного движения подвижного объекта.  $\omega_{\eta 3}^k$  — член коррекции по контуру тангажа,  $R$  — радиус Земли,  $A_1, A_2, \Delta W$  — условное обозначение сигналов в контуре.

Требуются также некоторые соотношения параметров для работы приведенной схемы

$$T_2/T_1 = 2, k_2/k_1 = 2, k_1 = 1, \Delta_1/\Delta_2 = 2. \quad (2)$$

Вычислим передаточную функцию для канала тангажа (в расчет не берем пороговые значения) по рис. 2.

$$\omega_{\eta 3}^k = -W/(sR) - Wk_0(k_2/(T_2s+1) - k_1/(T_1s+1)) = -Wk_0((sR)^{-1} + k_0/(2T_1^2s^2 + 3T_1s+1)). \quad (3)$$

Первое слагаемое — интегральная коррекция, второе — демпфирующий контур. В рабочем режиме второе слагаемое воспроизведет обычную позиционную корректирующую величину с переходом на необходимый уровень по аperiodическому закону (необходимым условием при этом является величина ускорения, ограниченная пороговыми значениями  $\Delta_1, \Delta_2$ ).

Рассчитаем моменты времени достижения пороговых значений в контуре. Для этого приведем амплитуды сигналов в фильтрах

$$A_1 = W(1 - e^{-t/T_1}), A_2 = W(1 - e^{-t/T_2}), \quad (4)$$

где:  $t$  — текущее время. Отсюда получим моменты времени  $t_1, t_2$  достижения значений сигналов пороговых значений  $\Delta_1, \Delta_2$

$$t_1 = -T_1 \ln(1 - \Delta_1/W), t_2 = -T_2 \ln(1 - \Delta_2/W). \quad (5)$$

Определим, какое пороговое значение сигнал достигнет первым. Для этого найдем разницу между временами

$$t_2 - t_1 = -T_2 \ln(I - \Delta_2 / W) + T_1 \ln(I - \Delta_1 / W) = -2T_1 \ln(I - 0.5\Delta_1 / W) + T_1 \ln(I - \Delta_1 / W). \quad (6)$$

После преобразований с учетом (2) получим

$$t_2 - t_1 = T_1 \ln(4W(W - \Delta_1) / (2W - \Delta_1)^2) = T_1 \ln(4W^2 - 4W\Delta_1) / (4W^2 - 4W\Delta_1 + \Delta_1^2). \quad (7)$$

Следовательно  $t_2 - t_1 < 0$ , поэтому сигнал достигнет первым пороговое значение  $\Delta_2$ . Получим выражение для величины  $\Delta W$  в момент времени  $t_2$ , используя формулы (2), (4) и рис. 2.

$$\Delta W = W(k_2(I - e^{-t/T_2}) - k_1(I - e^{-t/T_1})) = W(I - 2e^{-t/2T_1} + e^{-t/T_1}) = W(I - e^{-t/2T_1})^2. \quad (8)$$

Подставляя (5) в (8), получим

$$\Delta W = W_1(I - e^{\ln(I - \Delta_2 / W_1)})^2 = \Delta_2^2 / W_1. \quad (9)$$

Отсюда следует, что ослабление влияния ускорений на коррекционный сигнал пропорционален квадрату порогового значения  $\Delta_2$ . Максимальное значение  $\Delta W$ , а значит и максимальное влияние на информационные параметры, достигает в момент начала действия ограничения  $\Delta_2$ .

Таким образом, вторая схема демпфирования в неподвижном положении или поступательном движении будет представлять собой обычную позиционную коррекцию. При больших ускорениях и закончившихся переходных процессах фильтров значение  $\Delta W$  будет равно нулю, т.е. останутся только интегральные коррекционные члены. Максимальное влияние ускорения  $\Delta W$  на сигнал коррекции зависит от квадрата  $\Delta_2$  и  $W_1$  (формула (8)) и значительно меньше, чем при классическом демпфировании.

Обратим внимание, что вторая демпфирующая схема добавляется в алгоритмы работы БИНС как по каналу тангажа, так и по каналу крена в соответствующие контуры коррекции. Математическое моделирование функционирования БИНС в кватернионных алгоритмах с применением демпфирующей схемы колебаний Шулера в каналах вертикали подтвердило возможность применения сглаживающих

фильтров и нелинейных элементов для сокращения погрешностей параметров ориентации и навигации, вырабатываемых БИНС.

**Список литературы:**

1. Наумов С.Г. Математическая модель демпфирования бесплатформенной инерциальной навигационной системы / С.Г. Наумов // Интернет и инновации: практические вопросы информационного обеспечения инновационной деятельности: материалы междунар. науч.-практической конф. / СГТУ. — Саратов, 2008. — С. 232—236.
2. Одинцов А.А. Об одной схеме автономного демпфирования инерциальных навигационных систем / А.А. Одинцов, В.Б. Васильева, Ю.Е. Наумов // Гироскопия и навигация. — 2008. — № 1 (60). — С. 33—42.
3. Пат. 2315956 РФ. Способ демпфирования инерциальной системы / В.А. Беленький; опубл. 27.01.08.

## СЕКЦИЯ 9.

### ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

#### ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ МОЛОКА КОМПЛЕКСНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ РАЗНЫХ ДЛИН ВОЛН

*Родионова Анастасия Валерьевна*  
*аспирант ФГБОУ ВПО ЧГСХА,*  
*г. Чебоксары*  
*E-mail: [stu-01@mail.ru](mailto:stu-01@mail.ru)*

#### TECHNOLOGY FOR THE DISINFECTION OF MILK COMPLEX INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC RADIATION OF DIFFERENT WAVELENGTHS

*Rodionova Anastasia*  
*post-graduate Student of the Chuvash State Agricultural Academy,*  
*Cheboksary*

#### АННОТАЦИЯ

Представлена технология низкотемпературного обеззараживания молока комплексным воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты, ультразвуковых колебаний и бактерицидного потока ультрафиолетовых лучей

#### ABSTRACT

The technology of low-temperature disinfection of milk combined action of the electromagnetic field of ultrahigh frequency ultrasonic vibrations and flow germicidal ultraviolet rays.

**Ключевые слова:** электромагнитное излучение сверхвысокой частоты; резонаторная камера; кавитация; пьезоэлектрические элементы; бактерицидный поток ультрафиолетовых лучей.

**Keywords:** electromagnetic radiation of ultra-high-frequency; resonator chamber; cavitation; piezoelectric elements; germicidal UV flux.

Приоритетным направлением государственной программы развития сельского хозяйства на 2013—2020 гг. является молочная отрасль. В рамках данной программы ожидается повышение доли молока высшего и первого сортов к общему объёму перерабатываемой продукции, увеличение объёмов производства молока до 36 млн. тонн. Поэтому исследования по разработке и внедрению техники нового поколения с использованием физических факторов, обеспечивающих снижение энергетических затрат, повышение производства высококачественного и конкурентоспособного продукта, пользующегося потребительским спросом на рынке, является актуальным.

Поэтому целью исследования является — разработка и обоснование конструктивно-технологических параметров и режимов работы установки проточного типа для обеззараживания молока комплексным воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты, ультразвуковых колебаний и бактерицидного потока ультрафиолетовых лучей, позволяющей улучшить качество обработанного молока при сниженных энергетических затратах.

Главная задача — это получение высококачественного молока с более длительным сроком хранения. Поэтому был проведен анализ существующих установок для низкотемпературной обработки молока воздействием таких электрофизических факторов как, электромагнитное поле сверхвысокой частоты, ультразвуковые колебания и ультрафиолетовое излучение.

Известна установка для высокоинтенсивной кавитационной обработки жидких и жидкодисперсных сред (молока, соков, напитков и т. д.) в тонком слое при помощи многозонного ультразвукового излучателя [1]. В состав установки производительностью 25 л/мин входит электронный генератор с таймером и регулятором выходной мощности (20—100 %), пьезоэлектрическая колебательная система, технологический объем из прозрачного стекла для визуального контроля. Однако степень снижения бактериальной обсемененности не достигает требуемого значения, вследствие не значительного времени экспозиции в акустическом поле.

Известна также сверхвысокочастотная установка для обезвреживания молока, состоящая из двух модулей, каждый из которых

содержит два источника СВЧ энергии, с общей резонаторной камерой низкой напряженности в виде параллелепипеда, из двух дополнительных резонаторных камер низкой напряженности, цилиндрической формы с крышкой, (расположенных в каждом модуле) внутри которых находятся соответствующий излучатель и гибкий молокопровод, уложенный в виде спирали [4].

Известно устройство для повышения эффективности микроволновых печей, содержащее камеру нагрева, изготовленную из тонкого листового металла, на верхней стенке которой установлена полосковая антенна, элементами которой являются излучатель. На нижней стенке камеры нагрева установлен источник УЗ-колебаний [2].

Известна установка для комбинированного воздействия бактерицидным потоком ультрафиолетовых лучей и электромагнитным полем сверхвысокой частоты [3], содержащая излучатель энергии в виде волновода круглого сечения с определенным рабочим типом волны и лампы ультрафиолетового излучения.

Однако единственной реально изготовленной бактерицидной установкой для обеззараживания жидкостей с использованием комплексного воздействия физических факторов, ультрафиолетовых лучей и ультразвуковых колебаний является агрегат серии «Лазурь», используемый на предприятиях по производству напитков, мясной и молочной промышленности [5].

Совместное использование разных методов актуально, если один из методов не обладает необходимым свойством и/(ли) их комплексное или комбинированное воздействие позволяет интенсифицировать процесс термообработки молока. Так, например, УФ облучение не обеспечивает последствие. Вклад ультразвука в инактивацию патогенной микрофлоры по сравнению с УФ облучением незначителен, а сам процесс обеззараживания молока достаточно энергоёмок. Механизм влияния ультразвуковой обработки до стадии обработки ультрафиолетовыми лучами заключается в том, что ультразвук разрушает большие взвешенные частицы, и эффективность обеззараживания УФ излучением частиц, которые находились внутри, возрастает. Аналогично воздействие ЭМПСВЧ на обработанное ультразвуком молоко. Скорость торможения развития бактерий вегетативной формы в гомогенизированном ультразвуком молоке увеличивается за счет непосредственного поглощения раздробленной частицей энергии сверхвысоких частот. Дополнительное приращение температуры кавитирующего молока за счет токов поляризации позволяет снизить общее микробное число и достичь эффекта

стерилизации. Поэтому изучение теории взаимовлияния ЭМП СВЧ и ультразвуковых колебаний актуально.

С целью снижения энергетических затрат и улучшения качества продукции нами предлагается обеспечить комплексное влияние на молоко электромагнитного поля сверхвысокой частоты и ультразвуковых колебаний и комбинированное воздействие ультразвука и бактерицидного потока УФ лучей.

Установка для обеззараживания молока состоит из цилиндрического экранирующего корпуса 1, герметично закрытого крышкой 2, внутри которого коаксиально установлена резонаторная камера 5, причем внутрь неё направлен магнетрон 3 СВЧ генераторного блока 4, находящегося в верхнем основании цилиндрического корпуса, а нижнее его основание через перфорацию в резонаторной камере сообщается с ёмкостью, на дне которой установлены пьезоэлектрические элементы 6 ультразвукового генератора 7. Патрубки подвода и отвода молока соединены с насосом 8, счетчиком молока 9, системой вентилей 14 трубопроводом, в который вмонтирован участок из увиолевого стекла 10, а параллельно ему установлен УФ облучатель 11. Патрубок подвода представляет собой запрельный волновод.

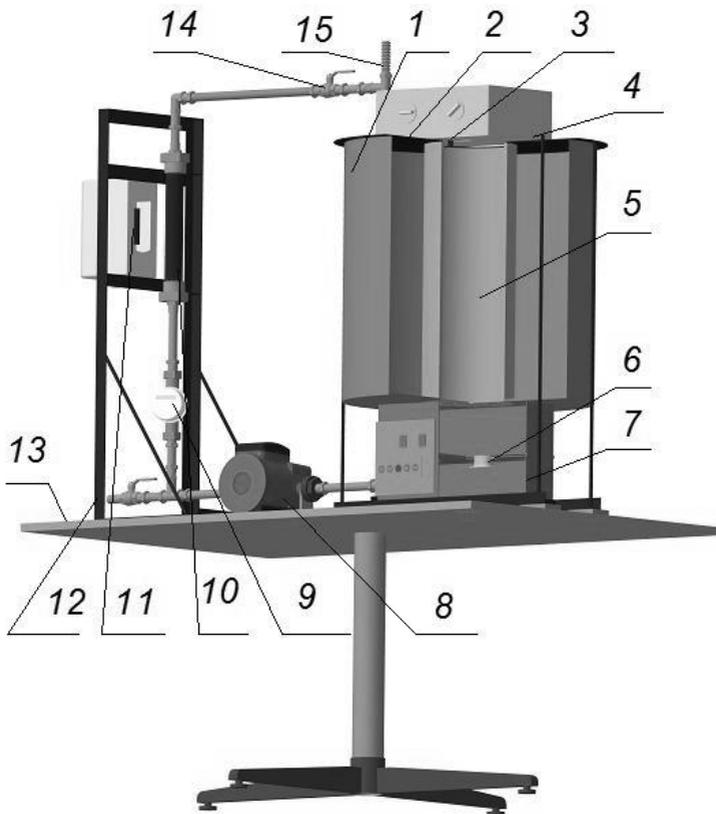
В установке молоко одновременно подвергается:

- нагреву молока в результате диссипации механической энергии потока жидкости в тепловую;
- кавитационному нагреву за счет пьезоэлектрических элементов 6 ультразвуковых генераторов 7;
- диэлектрическому нагреву в резонаторной камере 5 СВЧ генератора 4;
- воздействию бактерицидного потока УФ лучей в тонком слое кварцевой трубы 10.

С помощью трубопровода, насоса 8 и системы вентилей 14 возможно проводить как поточную, так и циклическую обработку жидкости.

Данная установка предназначена для использования в поточных технологических линиях первичной обработки молока на животноводческих фермах.

Разработан и изготовлен лабораторный образец установки для обеззараживания молока комплексным воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты, ультразвуковых колебаний и бактерицидного потока ультрафиолетовых лучей производительностью 100...250 кг/ч потребляемой мощностью 2 кВт.



***Рисунок 1. Пространственное изображение установки для обеззараживания молока: 1 — цилиндрический экранирующий корпус, 2 — крышка, 3 — магнетрон, 4 — СВЧ генератор, 5 — резонаторная камера, 6 — пьезоэлементы, 7 — УЗ генератор, 8 — насос, 9 — счетчик молока, 10 — увиолевое стекло, 11 — УФ облучатель, 12 — рамная конструкция, 13 — стол, 14 — вентили, 15 — патрубок подвода молока***

Годовой экономический эффект от применения установки составляет 346 752 рубля при объеме выпускаемой продукции свыше 495 тысяч тонн.

### **Список литературы:**

1. ООО «Центр ультразвуковых технологий» Аппараты ультразвуковые // Каталог продукции. — 2013. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://u-sonic.com/upload/price/catalogproduct>. (дата обращения: 03.01.2013).
2. Патент РФ № 2355136, 10.05.2009.
3. Патент РФ № 2173561 от 20.09.2001.
4. Пономарев А.Н. Обоснование параметров и режимов работы системы СВЧ обеззараживания молока на фермах: Автореф. дис. канд. техн. наук. — Чебоксары, 2011. — 18 с.
5. Ульянов А.Н. Основные преимущества установок для обеззараживания воды и стоков ультрафиолетом с применением ультразвука серии «Лазурь-М» // Технический каталог статей. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.rusarticles.com/tehnologii-statya> (дата обращения: 03.01.2013).

# «ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Материалы XXII международной заочной научно-практической  
конференции

11 июня 2013 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 17.06.13. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 6,5. 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