



**МАТЕРИАЛЫ XIV МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ

Новосибирск, 2012 г.

УДК 62
ББК 30
Т38

Т38 «Технические науки — от теории к практике»: материалы XIV международной заочной научно-практической конференции. (10 октября 2012 г.); [под ред. Я. А. Полонского]. Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. — 182 с.

ISBN 978-5-4379-0138-0

Сборник трудов XIV 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.

ББК 30

ISBN 978-5-4379-0138-0

Главный редактор:

- кандидат технических наук, Полонский Яков Аркадьевич, эксперт высшей квалификации Единой Системы Оценки Соответствия (г. Волгоград)

Оглавление

Секция 1. Инженерная графика, САПР, САД, САЕ 8

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБОЛОЧЕК МНОГОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ Аюшеев Тумэн Владимирович Прудова Людмила Юрьевна Бубеев Иннокентий Трофимович	8
--	---

Секция 2. Информатика, вычислительная техника и управление 14

О РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ МЕТОДОМ БЛИЖАЙШЕГО ЭЛЕМЕНТА В УСЛОВИЯХ ЕДИНИЧНОГО ЭТАЛОНА Голубев Андрей Сергеевич Звягин Михаил Юрьевич	14
--	----

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛА В СРЕДЕ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИЙ УОЛША Прокошев Валерий Валерьевич Скляренко Василий Алексеевич Шамин Павел Юрьевич	20
---	----

Секция 3. Машиностроение и машиноведение 25

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ШАРИКО-ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧИ Кузнецов Александр Вячеславович	25
--	----

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ОРИГИНАЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ СЫРЬЯ И МАТЕРИАЛОВ Титов Валерий Архипович Колбасина Наталья Анатольевна Мерзликина Наталья Викторовна Пикалов Юрий Анатольевич Секацкий Виктор Степанович	30
---	----

**Секция 4. Энергетика и энергетическая техника
и технологии** **42**

ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС
ПРИ СЖИГАНИИ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА **42**
Аскарова Алия Сандыбаевна
Болегенова Салтанат Алихановна
Бекмухамет Айдын
Бекетаева Меруерт Тұрғанбекқызы
Оспанова Шынар Сабитовна

НЕЧЁТКАЯ ЛОГИКА И СОГЛАСОВАНИЯ РЕЖИМОВ
РАБОТЫ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ **50**
СО СКОРОСТЬЮ ПОТОКА ВЕТРА
В УСЛОВИЯХ РУДНЫХ ШАХТ
Синчук Олег Николаевич
Бойко Сергей Николаевич

**Секция 5. Горная и строительная техника
и технологии** **56**

ОЦЕНКА УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РАЗРУШЕНИЯ
НЕ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ **56**
С УЧЕТОМ ЛОКАЛЬНОЙ ТВЕРДОСТИ
В ЗОНЕ ИХ РАЗРУШЕНИЯ
Звонарёв Иван Евгеньевич
Иванов Сергей Леонидович
Фокин Андрей Сергеевич
Семёнов Михаил Алексеевич

**Секция 6. Материаловедение и металлургическое
оборудование и технологии** **63**

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ
ПРИ СОЗДАНИИ МОРОЗОСТОЙКИХ РЕЗИН **63**
УПЛОТНИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
Соколова Марина Дмитриевна
Давыдова Мария Ларионовна
Шадрин Николай Викторович

Секция 7. Строительство и архитектура	71
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОБЖИГЕ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ В ТУННЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ СОВЕТСКОГО ТИПА Ахмеднабиев Расул Магомедович Колиенко Анатолий Григорьевич	71
ПРАКТИКА СООРУЖЕНИЯ ПЕРЕХОДОВ ЧЕРЕЗ ВОДНЫЕ ПРЕГРАДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВ УОЗР И УЗМП Багдасарян Эдуард Патваканович Романов Валентин Дмитриевич Решетников Александр Данович	78
Секция 8. Химическая техника и технология	91
ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ ТЕТРАЭТОКСИСИЛАНА ВОДНЫМ РАСТВОРОМ АММИАКА Беляев Евгений Александрович	91
Секция 9. Технология продовольственных продуктов	97
ВИТАМИНИЗАЦИЯ ГАЗИРОВАННОГО СЛАБОУАЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА Паленков Илья Александрович	97
Секция 10. Технология материалов и изделий легкой промышленности	104
ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ХОЛОДНОЙ ГИБКИ ТРУБ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩИХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ Козлов Александр Васильевич Бобылев Андрей Викторович Халиулин Евгений Велемьянович	104

Секция 11. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология **112**

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ
НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 112
Евтушенко Ольга Владимировна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ
ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ ВОДНЫХ СРЕД 119
Шубаков Анатолий Александрович
Шарапова Ирина Эдмундовна
Михайлова Елена Андрияновна

Секция 12. Организация производства и менеджмент, системы управления качеством **127**

УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОМ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ АБОНЕНТОВ
К ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ 127
В ЭНЕРГОСЕТЕВОМ ПРЕДПРИЯТИИ
Фомин Игорь Николаевич

Секция 13. Нанотехнологии и наноматериалы **138**

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРАСИТЕЛЕЙ
С СЫВОРОТОЧНЫМ АЛЬБУМИНОМ 138
В ПРИСУТСТВИИ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА
Бычкова Анна Владимировна
Сорокина Ольга Николаевна
Пронкин Павел Геннадьевич
Татиколов Александр Сергеевич
Коварский Александр Львович
Розенфельд Марк Александрович

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА 145
И КЕРАМИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ
Горбунов Фёдор Константинович
Наумова Полина Александровна
Травин Александр Павлович

РАЗРАБОТКА СКАНИРУЮЩЕГО БЛИЖНЕПОЛЬНОГО ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА В РЕЖИМЕ НА ОТРАЖЕНИЕ Скурихин Андрей Владимирович Быков Виктор Александрович	154
---	-----

Секция 14. Методология и философия науки и техники	164
---	------------

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА УСКОРЕНИЕ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА Фомин Игорь Николаевич	164
--	-----

СЕКЦИЯ 1.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА, САПР, САД, САЕ

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБОЛОЧЕК МНОГОСЛОЙНОЙ СТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

Аюшеев Тумэн Владимирович

*д-р техн. наук, доцент Восточно-Сибирского государственного
университета технологий и управления (ВСГУТУ), г. Улан-Удэ*

E-mail: atv_a@mail.ru

Прудова Людмила Юрьевна

канд. техн. наук, ВСГУТУ, г. Улан-Удэ

Бубеев Иннокентий Трофимович

канд. техн. наук, ВСГУТУ, г. Улан-Удэ

GEOMETRICAL MODELING OF THE INTEGUMENTS OF MULTI-LAYER STRACTURE ON THE BASIS OF APPLYING RATIONAL FUNCTIONS

Tumen V. Ayusheyev

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of East-Siberia state
university of technologies and management, Ulan-Ude*

Lyudmila Yu. Prudova

Candidate of Technical Science, ESSUTM, Ulan-Ude

Inokenti Bubeyev

Candidate of Technical Science, ESSUTM, Ulan-Ude

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается способ математического описания порции трехмерного тела многослойной структуры для деталей сложной форма, изготавливаемых намоткой из волокнистых композиционных материалов, на основе применения рациональных кубических параметрических функций

ABSTRACT

There has been studied the method of mathematical description of the portion of a 3D body with the multi-layer structure for details of a complex form that are manufactured from fiber composite materials on the basis of applying rational cubic parametric functions.

Ключевые слова: трехмерное тело; математическое описание; рациональные кубические параметрические функции.

Keywords: 3D body; mathematical description; rational cubic parametric functions.

При моделировании оболочечных конструкций сложной формы, изготавливаемых намоткой из волокнистых композиционных материалов, возникают важные геометрические задачи построения сеток граничных и промежуточных поверхностей для расчета параметров процесса намотки твердых деформируемых тел многослойной структуры.

Существуют различные методы математического описания таких тел на основе поверхностных и объемных твердотельных моделей. Анализ существующих решений показывает, что из-за начальных несовершенств формы технологической поверхности оправки использование поверхностных моделей при моделировании процесса намотки многослойных оболочек затрудняет коррекцию формы оправки. Корректировка формы оправки сопровождается переработкой больших объемов информации, из-за требований перезадавания исходного точечного каркаса и моделирования поверхности по новому каркасу для всех слоев оболочки наматывания. Для более эффективного представления массивов входных и выходных данных различных этапов моделирования необходимо перейти от дискретных значений к аналитическому описанию, что избавляет от необходимости переработки и хранения больших объемов информации и повышает качество интерполирования. Наиболее целесообразным решением этой проблемы представляется моделирование тела намотки на основе объемного трехмерного моделирования, что требует применения современных технологий, среди которых наиболее перспективным является способ граничного представления сплошных тел.

В работах [1, 2] рассматриваются методы получения уравнения порции тела на его основе, в частности, с использованием линейной обобщенной интерполяции и обобщенной интерполяции Эрмита. В указанных методах в качестве граничных кривых порции тела используются параметрические кубические кривые. В данной работе рассматривается метод описания порции тела на основе использования рациональных кубических кривых, который отличается большей общностью. Как известно, конические сечения и параметрические кубические кривые являются частным случаем рациональной кубической кривой [3].

Сегмент рациональной кубической кривой определяется формулой [3]:

$$\mathbf{r}(u) = \frac{g_0 \mathbf{r}_0 (1-u)^3 + 3g_1 \mathbf{r}_1 u (1-u)^2 + 3g_2 \mathbf{r}_2 u^2 (1-u) + g_3 \mathbf{r}_3 u^3}{g_0 (1-u)^3 + 3g_1 u (1-u)^2 + 3g_2 u^2 (1-u) + g_3 u^3}, \quad 0 \leq u \leq 1, \quad (1)$$

где g_0, g_1, g_2, g_3 — константы, или веса, $\mathbf{r}_0, \mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{r}_3$ — опорные точки, u — параметр кривой.

Можно выразить этот сегмент кривой в виде

$$\mathbf{r}(u) = \sum_{i=0}^3 [\mathbf{r}(i) \mathbf{I}_{i0}(u) + \mathbf{r}'_u(i) \mathbf{I}_{i1}(u)], \quad (2)$$

через его концевые точки, концевые касательные и функции сопряжения. Напомним, что

$$\begin{aligned} \mathbf{r}(0) &= \mathbf{r}_0, & \mathbf{r}(1) &= \mathbf{r}_3, \\ \mathbf{r}'_u(0) &= 3 \frac{g_1}{g_0} (\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_0), & \mathbf{r}'_u(1) &= 3 \frac{g_2}{g_3} (\mathbf{r}_3 - \mathbf{r}_2), \\ \mathbf{I}_{00}(u) &= \frac{g_0 (1-u)^3 + 3g_1 u (1-u)^2}{g(u)}, & \mathbf{I}_{10}(u) &= \frac{g_3 u^3 + 3g_2 u^2 (1-u)}{g(u)}, \\ \mathbf{I}_{01}(u) &= \frac{g_0 u (1-u)^2}{g(u)}, & \mathbf{I}_{11}(u) &= -\frac{g_3 u^2 (1-u)}{g(u)}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $g(u)$ означает знаменатель в выражении (1).

Используя формулу (2) можно описать граничные кривые порции тела намотки (рис. 1).

$$\mathbf{r}(u, j, k) = \sum_{i=0}^1 [\mathbf{r}(i, j, k) \mathbf{I}_{i0}(u) + \mathbf{r}'_u(i, j, k) \mathbf{I}_{i1}(u)],$$

$$\mathbf{r}(i, v, k) = \sum_{j=0}^1 [\mathbf{r}(i, j, k) \mathbf{I}_{j0}(v) + \mathbf{r}'_v(i, j, k) \mathbf{I}_{j1}(v)],$$

$$\mathbf{r}(i, j, w) = \sum_{k=0}^1 [\mathbf{r}(i, j, k) \mathbf{I}_{k0}(w) + \mathbf{r}'_w(i, j, k) \mathbf{I}_{k1}(w)], \quad i, j, k \in [0, 1].$$

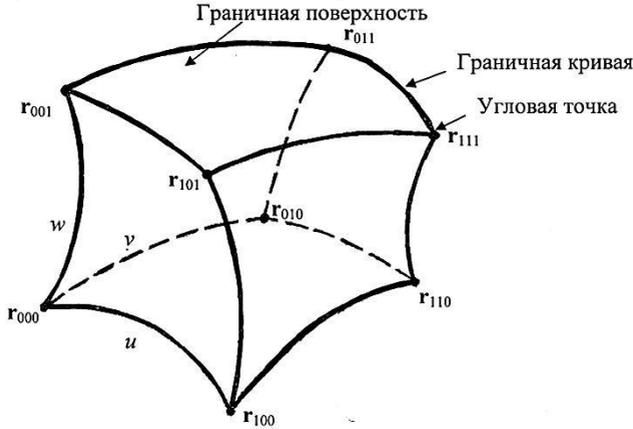


Рисунок 1. Порция тела намотки

Тогда уравнение порции тела намотки можно записать в виде:

$$\mathbf{r}(u, v, w) = \sum_{i=0}^1 \sum_{j=0}^1 \sum_{k=0}^1 [\mathbf{r}(i, j, k) \mathbf{I}_{i0}(u) \mathbf{I}_{j0}(v) \mathbf{I}_{k0}(w) +$$

$$+ \mathbf{r}'_u(i, j, k) \mathbf{I}_{i1}(u) \mathbf{I}_{j0}(v) \mathbf{I}_{k0}(w) + \mathbf{r}'_v(i, j, k) \mathbf{I}_{i0}(u) \mathbf{I}_{j1}(v) \mathbf{I}_{k0}(w) + \quad (4)$$

$$+ \mathbf{r}'_w(i, j, k) \mathbf{I}_{i0}(u) \mathbf{I}_{j0}(v) \mathbf{I}_{k1}(w) + \mathbf{r}''_{uv}(i, j, k) \mathbf{I}_{i1}(u) \mathbf{I}_{j1}(v) \mathbf{I}_{k0}(w) +$$

$$+ \mathbf{r}''_{uw}(i, j, k) \mathbf{I}_{i0}(u) \mathbf{I}_{j1}(v) \mathbf{I}_{k1}(w) + \mathbf{r}''_{vw}(i, j, k) \mathbf{I}_{i1}(u) \mathbf{I}_{j0}(v) \mathbf{I}_{k1}(w) +$$

$$+ \mathbf{r}'''_{uvw}(i, j, k) \mathbf{I}_{i1}(u) \mathbf{I}_{j1}(v) \mathbf{I}_{k1}(w)].$$

где функции смещения $\mathbf{I}_{i0}(u), \mathbf{I}_{i1}(u), \mathbf{I}_{j0}(v), \mathbf{I}_{j1}(v), \mathbf{I}_{k0}(w), \mathbf{I}_{k1}(w)$ определены формулой (3).

Уравнение порции тела намотки (4) удобно представить в матричной форме:

$$\mathbf{r}(u, v, w) = \mathbf{F}(u)\mathbf{A}\mathbf{F}^T(v)\mathbf{I}_{00}(w) + \mathbf{F}(u)\mathbf{B}\mathbf{F}^T(v)\mathbf{I}_{10}(w) + \mathbf{F}(u)\mathbf{C}\mathbf{F}^T(v)\mathbf{I}_{01}(w) + (5) \\ + \mathbf{F}(u)\mathbf{D}\mathbf{F}^T(v)\mathbf{I}_{11}(w),$$

где $\mathbf{F}(t) = [\alpha_0(t), \alpha_1(t), \beta_0(t), \beta_1(t)]$ — матрица-строка,

$\mathbf{F}^T(t) = [\alpha_0(t), \alpha_1(t), \beta_0(t), \beta_1(t)]^T$ — матрица-столбец,

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{r}(0,0,0) & \mathbf{r}(0,1,0) & \mathbf{r}'_v(0,0,0) & \mathbf{r}'_v(0,1,0) \\ \mathbf{r}(1,0,0) & \mathbf{r}(1,1,0) & \mathbf{r}'_v(1,0,0) & \mathbf{r}'_v(1,1,0) \\ \mathbf{r}'_u(0,0,0) & \mathbf{r}'_u(0,1,0) & \mathbf{r}''_{uv}(0,0,0) & \mathbf{r}''_{uv}(0,1,0) \\ \mathbf{r}'_u(1,0,0) & \mathbf{r}'_u(1,1,0) & \mathbf{r}''_{uv}(1,0,0) & \mathbf{r}''_{uv}(1,1,0) \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \mathbf{r}(0,0,1) & \mathbf{r}(0,1,1) & \mathbf{r}'_v(0,0,1) & \mathbf{r}'_v(0,1,1) \\ \mathbf{r}(1,0,1) & \mathbf{r}(1,1,1) & \mathbf{r}'_v(1,0,1) & \mathbf{r}'_v(1,1,1) \\ \mathbf{r}'_u(0,0,1) & \mathbf{r}'_u(0,1,1) & \mathbf{r}''_{uv}(0,0,1) & \mathbf{r}''_{uv}(0,1,1) \\ \mathbf{r}'_u(1,0,1) & \mathbf{r}'_u(1,1,1) & \mathbf{r}''_{uv}(1,0,1) & \mathbf{r}''_{uv}(1,1,1) \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} \mathbf{r}'_w(0,0,0) & \mathbf{r}'_w(0,1,0) & \mathbf{r}''_{iw}(0,0,0) & \mathbf{r}''_{iw}(0,1,0) \\ \mathbf{r}'_w(1,0,0) & \mathbf{r}'_w(1,1,0) & \mathbf{r}''_{iw}(1,0,0) & \mathbf{r}''_{iw}(1,1,0) \\ \mathbf{r}''_{vw}(0,0,0) & \mathbf{r}''_{vw}(0,1,0) & \mathbf{r}'''_{i vw}(0,0,0) & \mathbf{r}'''_{i vw}(0,1,0) \\ \mathbf{r}''_{vw}(1,0,0) & \mathbf{r}''_{vw}(1,1,0) & \mathbf{r}'''_{i vw}(1,0,0) & \mathbf{r}'''_{i vw}(1,1,0) \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{D} = \begin{bmatrix} \mathbf{r}'_w(0,0,1) & \mathbf{r}'_w(0,1,1) & \mathbf{r}''_{iw}(0,0,1) & \mathbf{r}''_{iw}(0,1,1) \\ \mathbf{r}'_w(1,0,1) & \mathbf{r}'_w(1,1,1) & \mathbf{r}''_{iw}(1,0,1) & \mathbf{r}''_{iw}(1,1,1) \\ \mathbf{r}''_{vw}(0,0,1) & \mathbf{r}''_{vw}(0,1,1) & \mathbf{r}'''_{i vw}(0,0,1) & \mathbf{r}'''_{i vw}(0,1,1) \\ \mathbf{r}''_{vw}(1,0,1) & \mathbf{r}''_{vw}(1,1,1) & \mathbf{r}'''_{i vw}(1,0,1) & \mathbf{r}'''_{i vw}(1,1,1) \end{bmatrix},$$

Порция тела (5) полностью определена через векторы $\mathbf{r}, \mathbf{r}'_u, \mathbf{r}'_v,$
 $\mathbf{r}'_w, \mathbf{r}''_{uv}, \mathbf{r}''_{vw}, \mathbf{r}''_{iw}$ и $\mathbf{r}'''_{i vw}$ в ее восьми углах, т.е. через компоненты матриц $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$ и \mathbf{D} .

В данном методе расчет параметров порции тела намотки производится аналогично методике построения тела составной формы из однородных материалов. Положения углов порций задаются с самого начала, а векторы производных в углах определяются в результате построения сетки сплайновых кривых. Их можно определить таким образом, что вся составная поверхность тела каждого слоя будет обладать непрерывностью кривизны в том смысле, что непрерывно поперек всех границ тела.

Программная реализация разработанного метода показала достаточно хорошую вычислительную устойчивость и гибкость управления, как внешней формой, так и внутренней структурой с учетом заданных дифференциальных характеристик порции тела намотки. В отличие от известных методов описания порции тела, использующих параметрические кубические кривые, дополнительную гибкость в управлении внешней формой и внутренней структурой тела без изменения векторов положения и векторов производных придают весовые коэффициенты (1). Это дает возможность значительно сократить объем вычислений, связанный с дополнительным перезадаванием исходного каркаса тела намотки с целью получения заданных характеристик изделия.

Список литературы:

1. Аюшеев Т.В. Метод построения модели сплошного тела с применением обобщенной линейной интерполяции // Автоматизация и современные технологии. 2005. № 6. С. 35—40.
2. Аюшеев Т.В. Метод построения сплошных тел с применением обобщенной интерполяции Эрмита // Информационные технологии. 2005. № 6. С. 27—32.
3. Фокс А., Пратт М. Вычислительная геометрия. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. — 304 с.

СЕКЦИЯ 2.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

О РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ МЕТОДОМ БЛИЖАЙШЕГО ЭЛЕМЕНТА В УСЛОВИЯХ ЕДИНИЧНОГО ЭТАЛОНА

Голубев Андрей Сергеевич

канд. техн. наук, доцент ВлГУ, г. Владимир

E-mail: andrey.golubev@vlsu.ru

Звягин Михаил Юрьевич

канд. физ.-мат. наук, доцент ВлГУ, г. Владимир

E-mail: muz1953@yandex.ru

ON THE PATTERN RECOGNITION BY NEAREST ELEMENT IN CASE OF ONE SAMPLE RESTRICTION

Andrey Golubev

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of VISU, Vladimir

Mikhail Zvyagin

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
of VISU, Vladimir*

АННОТАЦИЯ

Рассматривается проблема выбора пороговых значений при распознавании небольших множеств объектов с единичным эталоном на основе алгоритмов вычисления оценок. Обсуждается возможность дополнения множества эталонов множеством ссылочных образов (квази-эталонов).

ABSTRACT

A problem of threshold values selection in pattern recognition of compact sets with one sample per object using algorithms based on estimate evaluation, is considered. We study an option to extend the set of base samples (namely etalons) by ad-hoc set of reference samples (namely quazi-etalons).

Ключевые слова: распознавание образов; единичный эталон; порог; ближайший элемент, квази-эталоны.

Keywords: pattern recognition; one sample problem; threshold, quasi-samples.

Исследования проведены в рамках работ по госзаданию «Наука», рег. номер 8.3303.2011.

Классификация в задаче распознавания объекта по единичному эталону [1, с. 161] может быть выполнена в рамках двух различных подходов. «Классический» подход предполагает построение функции $F: X \rightarrow D$, отображающей универсальное множество распознаваемых образов X в метрическое множество признаков D и введении порога распознавания $\varepsilon \in D$. Пусть $Y \subset X$ — множество эталонных образов, причем любой паре эталонных образов соответствуют попарно различные классы распознаваемых объектов (единственность эталонов). Распознаваемому образу (тесту) $x \in X$ ставится в соответствие эталонный образ (распознанный объект) $y \in Y$, обладающий наименьшим расстоянием до x в метрике множества D . При этом расстояние должно быть меньше некоторого фиксированного порога ε , иначе тест не считается распознанным. Необходимость введения порога обусловлена требованием выявления объектов, для которых эталонные образы отсутствуют. Выбор значения ε представляет основную трудность в рамках классического подхода, т. к. это значение может быть задано только эмпирически. Кроме того, заметим, что данный подход подразумевает жесткие требования к функции F в отношении сопоставления образам одного и того же объекта как можно более «близких» элементов множества D (гипотеза компактности образов).

Другой подход заключается в использовании принципа многофакторного принятия решения. В теории распознавания такие методы известны под названием алгоритмов вычисления оценок (АВО) [3, с. 67]. Применительно к задаче распознавания изображений

по единичному эталону этот подход продемонстрирован в [4]. Вместо одной «универсальной» функции F предлагается использовать ансамбль функций $\{f_i: X \rightarrow D_i\}, i=1, \dots, n$. Таким образом, каждая функция f_i задает отношение частичного порядка на множестве X , и для любого теста $x \in X$ можно выбрать n последовательностей эталонных образов $\{y_1^i, \dots, y_m^i\}, y_m^i \in Y$, состоящих из m ближайших к X эталонов (в соответствующей метрике). Решение об отнесении x к тому или иному объекту производится на основании анализа этой выборки — например, путем простого голосования. Значение m может варьироваться пределах от 1 до $|Y|$, в зависимости от решающего правила. Успех метода основан на предположении о независимости вычисления результата каждой из функций ансамбля $\{f_i\}$.

Преимущество данного подхода заключается в том, что каждая отдельно взятая функция ансамбля может являться относительно слабым классификатором — т. е. не обеспечивать полностью разделение классов в соответствующем отображаемом пространстве признаков D_i . Кроме того, решающее правило, анализирующее выборку $\{\{y_j^i\}^i\}$, не обязательно нуждается в искусственно заданном пороге (например, простое большинство голосов).

Проблема АВО возникает в том случае, когда количество эталонных образов становится сравнимым с n (т. е. нельзя слишком сильно увеличить размер ансамбля, либо, что более существенно, нельзя распознавать небольшие множества объектов — как, например, при распознавании алфавитных символов). В этом случае элементы выборки $\{\{y_j^i\}^i\}$ с большой вероятностью окажутся согласованными, даже если необходимый эталон отсутствует в Y . Это утверждение хорошо демонстрирует предельный случай, когда множество Y состоит из единственного элемента. Для любого теста метод всегда будет выдавать одинаковый результат — положительный — независимо от принадлежности теста к данному объекту.

В канонической формулировке метода АВО данная проблема исключается благодаря тому, что каждая из функций $\{f_i\}$ может *однозначно* определять принадлежность теста к каждому из распознаваемых классов. Однако для задачи единичного эталона это фактически означает введение пороговых значений ε_i для всех функций ансамбля. Очевидно, это сводит на нет все преимущества по сравнению с классическим подходом.

Практика применения реальных систем распознавания приводит к выводу, что при указанной схеме сравнения целесообразно использование специальных объектов (квази-эталонов). Природа таких объектов, как будет показано далее, может быть различной, их же удачный выбор во многом предопределяет успех распознавания.

Более конкретно, введем на множестве X подмножество *ссылочных образов* W , которое по построению должно обладать следующими свойствами. Во-первых, множество классов ссылочных образов $C(W)$ не должно пересекаться с множеством классов эталонных образов $C(Y)$: $C(W) \cap C(Y) = \emptyset$. Во-вторых, $|C(W)| \gg |C(Y)|$. Рассмотрим некоторые варианты того, как с помощью данной сущности может решаться обозначенная проблема построения решающего правила в АВО.

Вариант 1. Для теста $x \in X$ в каждую из последовательностей $\{y_j\}^i$, порождаемую функцией f_i , включаются только те эталоны, расстояние до которых в метрике множества D_i меньше, чем расстояние до любого элемента множества W . Таким образом, ссылочные образы естественным образом задают пороговые значения $\varepsilon_i = \min_{w \in W} d_i(x, w)$, где $d_i(x, w)$ — расстояние между $f_i(x)$ и $f_i(w)$. Способ можно сделать более гибким, взяв вместо минимального расстояния — среднее и добавив управляющий коэффициент: $\varepsilon_i = \alpha \cdot \text{avg}_{w \in W} d_i(x, w)$, $\alpha \in \mathbf{R}^+$.

Вариант 2. Построим для каждого образа $x \in X$ (в том числе эталонного) и каждой функции f_i последовательность W_x^i , состоящую из элементов множества W , упорядоченных в порядке возрастания расстояния до x . В результате каждому образу можно сопоставить набор $\{W_x^1, \dots, W_x^n\}$. Назовем этот набор ссылочными координатами x . Будем определять принадлежность теста x к классу эталона y путем сравнения их ссылочных координат. Здесь также возможно большое разнообразие вариантов. Например, оставим в каждой i -ой ссылочной координате по одному элементу (первому). Получим два вектора: $\{w_x^1, \dots, w_x^n\}$ и $\{w_y^1, \dots, w_y^n\}$. Составим из них бинарный вектор $b_{xy} = \{b_{xy}^i\}$ по следующему правилу: $b_{xy}^i = 1$, если $w_x^i = w_y^i$ и 0 в противном случае. Оценкой эталона y для теста x будем считать сумму элементов вектора b_{xy} . Метод можно обобщить, выбирая

из каждой i -ой ссылочной координаты не по одному, а по m элементов ($1 \leq m \leq |W|$), и вычисляя оценку как сумму элементов бинарной матрицы $\{b_{xy}\}^{m \times n}$.

Как показывают наши исследования, подобные оценки позволяют с успехом решать проблему распознавания на небольшом множестве Y . Для иллюстрации данного утверждения приведем результаты простого эксперимента, проведенного нами при помощи алгоритма распознавания лиц людей [2]. Исходными данными послужили фотографии, заимствованные из базы Color FERET [5], наборы «А» и «В». С введением множества W , при небольшом увеличении ошибки первого рода (с 9,2 % до 13 %), метод приводит к сокращению ошибки второго рода на порядок, с 37 % до менее 3 %.

Обсудим вопрос о том, каким образом можно получить множество W в практических задачах. Очевидно, что многие задачи распознавания подразумевают «естественную» интерпретацию такого множества. Рассмотрим популярную задачу распознавания человека по изображению лица. Как правило, она предполагает распознавание некоторой фиксированной целевой группы людей (разыскиваемых лиц, сотрудников конкретной организации) из нефиксированного множества людей, попадающих в зону контроля. При этом в большинстве случаев достаточно легко сформировать дополнительную базу лиц, которая гарантировано не будет пересекаться с целевой базой. Источником для таких изображений могут послужить: открытые базы данных, размещенные в Интернет; снимки лиц другой целевой группы; изображения, полученные в людном месте, территориально удаленном от зоны контроля и т. д.

В то же время существуют задачи, в которых «естественная» интерпретация ссылочного множества либо неочевидна, либо технически сложно реализуема. Такие ситуации представляют наибольший интерес, поскольку предполагают искусственную генерацию ссылочных образов. Мы рассматриваем следующие варианты такой генерации:

1. Синтез изображений на основе обобщенной параметрической модели распознаваемых объектов.
2. Случайная генерация. В этом случае синтезируются не сами элементы $w \in W$, а их отображаемые образы $f_i(w)$ в каждом из множеств D_i .

3. Синтез множества W (либо его отображений $f_i(W)$) на основе множества эталонов. Фактически, данный способ представляет собой применение параметрического оператора $g(\lambda, y)$ к эталонным образам множества Y . Вариация параметра λ позволяет синтезировать несколько ссылочных образов из одного эталонного. Например, если Y — это цифровые изображения, то в качестве g можно рассматривать некоторую последовательность искажений изображения (линейные или центрированные растяжения, удаление или перестановка частей, введение шума и проч.). Аналогичный оператор можно применять не к самим образам $y \in Y$, а к их отображениям $f_i(y)$.

Список литературы:

1. Анисимов Б.В. Распознавание и цифровая обработка изображений: Учеб. пособие для студентов вузов. / Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. М.: Высш. шк., 1983. — 295 с.
2. Голубев А.С. Аппаратно-программный комплекс автоматической регистрации и биометрической идентификации людей. / Голубев А.С., Звягин М.Ю., Квасов Д.С., Кокорин И.Г., Зиновьев И.И., Шамин П.Ю. // Материалы XVII Всероссийской научно-методической конференции «Телематика 2010». СПб.: 2010. — С. 261—262. — ISBN 978-5-7577-0354-1.
3. Журавлев Ю.И., Распознавание. Математические методы. Программная система. Практические применения. / Ю.И. Журавлев, В.В. Рязанов, О.В. Сенько. М.: Фазис, 2005. — 159 с.
4. Рожков М.М. Проблема автоматического распознавания лиц с одним эталонным изображением / В.Г. Прокошев, М.М. Рожков, П.Ю. Шамин // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Серия «Информатика. Телекоммуникации. Управление». СПб.: 2010. — № 5. — С. 13—18.
5. The Color FERET Database [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.nist.gov/itl/iad/ig/colorferet.cfm>.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ СИГНАЛА В СРЕДЕ ДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИЙ УОЛША

Прокошев Валерий Валерьевич

аспирант ВлГУ, г. Владимир

E-mail: valery.prokoshev@gmail.com

Скляренко Василий Алексеевич

канд. физ.-мат. наук, доцент, профессор ВлГУ, г. Владимир

E-mail: skv@vlsu.ru

Шамин Павел Юрьевич

канд. техн. наук, доцент ВлГУ, г. Владимир

E-mail: trace83@mail.ru

MODELLING A SIGNAL DIFFUSION IN MOBILE ENVIRONMENT USING WALSH FUNCTIONS

Valery Prokoshev

Graduate student of VISU, Vladimir

Vasily Sklarenko

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor,
Professor of VISU, Vladimir*

Pavel Shamin

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of VISU, Vladimir

*Данная работа выполнена в рамках НИР по госзаданию «Наука»
(Регистрационный номер: 8.3534.2011 от 23.11.2011).*

АННОТАЦИЯ

В статье исследуется процесс распространения сигнала в неорганизованной среде подвижных объектов. Предложена модель на основе функций Уолша. Приведены результаты компьютерного моделирования.

ABSTRACT

In this clause, a process of signal distribution in the unorganized environment of mobile objects are considered. The model based on the Walsh functions are offered. Some results of computer modelling are presented.

Ключевые слова: мобильная сеть; функции Уолша; моделирование.

Keywords: mobile network; Walsh functions; modelling.

Описание модели

Рассмотрим распространение сигнала в неорганизованной среде, состоящей из движущихся объектов (например, такой, как в работах [3] и [4]).

Положим в основу такую характеристику сети как «концентрация активных связей» — процент активных связей по отношению к их общему количеству в сети в данный момент времени. Работающая динамическая сеть это набор доменов (домен — множество объектов сети). Каждый домен имеет различную концентрацию активных связей, меняющуюся со временем. Пусть $0 < C[t] < 1$ концентрация всей сети; исследуется отрезок времени $t \in [0, 1]$. Из теории перколяции следует, что $\exists \lambda$ такое, что при $C[t] > \lambda$, $t \in [0, 1]$ сигнал проходит через сеть почти наверное (λ — порог перколяции). Пусть $\tilde{C}[t] = 2C[t] - 1$. Тогда мы можем получить приближение $\tilde{C}[t]$ при помощи разложения по базису Уолша (о функциях Уолша см. [1] и [2]):

$$\tilde{C}[t] \sim a_0 v_0 + \sum_{i=1}^I a_i v_i, \text{ где } v_i \text{ — функция Уолша, } i=0, \dots, I.$$

Рассмотрим следующую модель. Узлы сети расположены в узлах квадратной решетки $N \times M$, и L — количество связей. Наличие связи в каждый момент определяется по функциям Уолша. Введем обозначения: v_i — функция Уолша (причём v_0 — константа равная 1). Пусть значение 1, в определенный момент времени, соответствует активности связи, а (-1) — неактивности. Пусть время принимает дискретные значения $t_i \in [0, 1]$, $i=0, \dots, I$.

Инструментом моделирования является построение синхронизированных доменов cl_i , $i=0 \dots I$. Домен cl_i — это подмножество связей, работающих синхронно. Связи в домен выбираются случайно, так что:

$$|cl_i| = 2n_i$$

$$\sum_{i=0}^I (2n_i) = L$$

Пусть $i \geq 1$, тогда предполагается, что n_i связей работают в режиме v_i , а оставшиеся связи домена работают в инверсионном режиме, то есть $(-v_i)$. Таким образом, в каждый момент времени активными являются ровно n_i (50 %) связей ненулевого домена. Назначение режимов внутри домена также производится случайно. Режимы функционирования связей внутри домена синхронизированы. Разные домены переключаются независимо, поскольку соответствующие им функции Уолша ортогональны. Количество связей в домене cl_0 задается входным параметром. Также входным параметром является относительное количество узлов домена cl_0 работающих в прямом режиме. Размер остальных доменов подбирается так, что они имеют равный объем и охватывают всю сеть.

Функционирование сети, построенной, как указано выше, обеспечивает постоянство глобального параметра сети — процент активных связей в произвольный момент времени. Таким образом продвижение сигнала с ожиданием происходит за счет локальных перестроек. Процесс передачи обрывается когда время моделирования превысит I или сигнал достигнет конечного узла. Обозначим t_n среднее время, за которое был достигнут слой n и последовательности, а k_n — количество испытаний из общего числа испытаний R , в которых сигнал побывал на n -м слое, где $i = 1, 2, \dots, N$ и последовательности относительных частот $p_n = \frac{k_n}{M}$. Исследуем зависимость времени прохождения сигнала от количества слоев между слоем источником и слоем приемником, а также вероятность прохождения сигнала через систему.

Численный эксперимент

Эксперимент проводился на разработанном нами параллельном сетевом симуляторе, установленном на суперкомпьютерной системе [5]. Моделировалась квадратная решетка размером 300×300 . Размер домена cl_0 — 40 % от всех связей, количество доменов $I=8$. Рассмотрены два случая: количество прямых связей в нулевом домене 20 % и 25 % от количества связей в cl_0 . Количество запусков эксперимента для сбора статистики — 1000 запусков.

В результате эксперимента были получены зависимости достигнутого слоя от времени (рис. 1) и вероятности прохождения сигнала через систему (рис. 2).

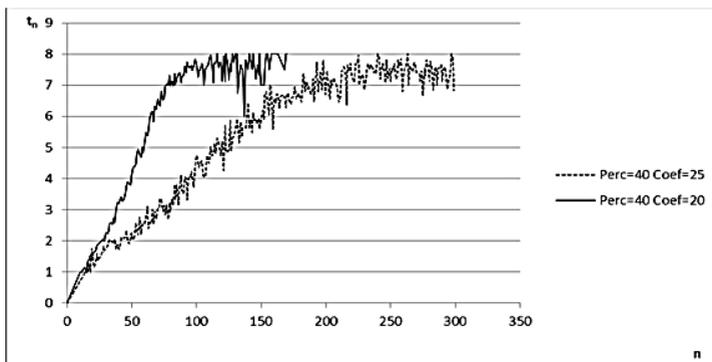


Рисунок 1. Время t_n , за которое достигнут слой n

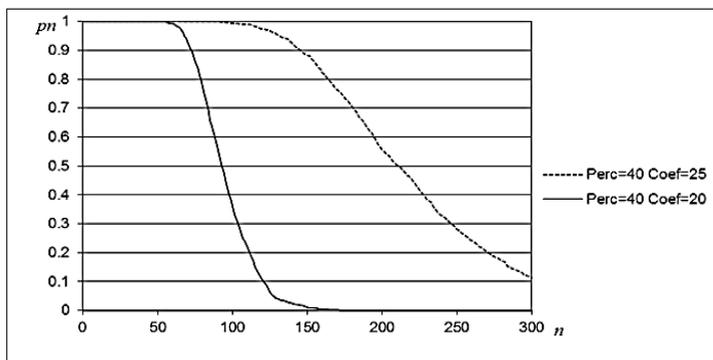


Рисунок 2. Вероятность p_n с которой достигнут слой n

Также были получены гистограммы распространения фронта волны для каждого момента времени. На них показано количество запусков k_n , для которых сигнал в момент времени t остановился на слое n (см. рис. 3).

Из полученных результатов можно сделать вывод, что вероятность прохождения сигнала резко увеличивается при сравнительно небольшом увеличении связей, которые постоянно активны.

Прохождение сигнала через систему наблюдается даже в случаях, когда порог перколяции для квадратной решетки не достигнут.

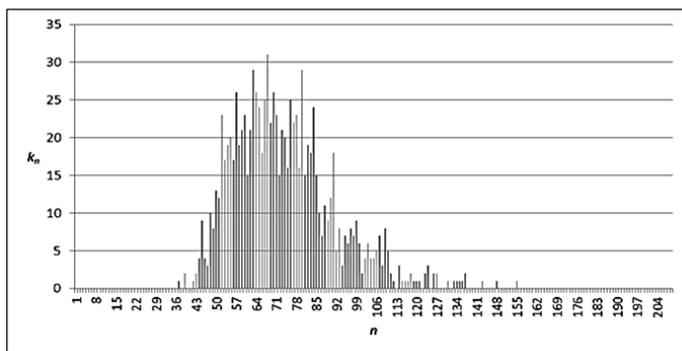


Рисунок 3. Гистограмма распространения фронта волны при $t=5$

Список литературы:

1. Голубов Б.И. Ряды и преобразования Уолша: Теория и применения. / Голубов Б.И., Ефимов А.В., Скворцов В.А. // М.: Наука. гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — 344 с.
2. Малозёмов В.Н. Дискретные функции Уолша // Семинар «DHA&CAGD». Избранные доклады. 12 марта 2011 г. [Электронный ресурс] — Режим доступа: — URL: <http://dha.spb.ru/PDF/WalshFunctions.pdf>.
3. Прокошев В.В., Аракелян С.М., Скляренко В.А. Некоторые особенности распространения сигнала в среде движущихся объектов // Труды XVIII Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2011». — 2011. — Т. 2. — С. 300—301.
4. Прокошев В.В., Скляренко В.А. О прохождении сигнала по цепи движущихся объектов // Труды XVII Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2010». — 2010. — Т. 2. — С. 251—253.
5. Шамин П.Ю., Алексанян А.С., Прокошев В.В. Параллельный сетевой симулятор: концепция и перспективы развития // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. — СПб.: 2009. — № 3. — С. 18—24.

СЕКЦИЯ 3.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ШАРИКО-ВИНТОВОЙ ПЕРЕДАЧИ

Кузнецов Александр Вячеславович
аспирант, УрГУПС, г. Екатеринбург
E-mail: a.v.kuznetsov.mail@gmail.com

MODELING OF MULTICOMPONENT DYNAMIC SYSTEMS ON THE EXAMPLE OF BALLSCREWS

Alexandr Kuznetsov
Postgraduate student, Ural state university of railway transport,
Yekaterinburg

АННОТАЦИЯ

Целью данной статьи является разработка концепции интегрированной симуляционной модели для шарико-винтовой передачи. Симуляционный процесс состоит из пяти шагов, каждый из которых является функционально расширенной версией предыдущего. При помощи используемого подхода, базирующегося на параметрической геометрической модели можно провести виртуальные эксперименты для исследования жесткости и передаточной характеристики ШВП при изменении нагрузки и скорости. Данный подход — это инструмент исследования новых геометрий ШВП для их оптимизации и дальнейшего применения в мехатронных модулях.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to develop a concept of an integrated simulation model for the ball-screw gear. Simulation process consists of five steps, each of which is functionally enhanced version of the previous

one. With the approach used, based on a parametric geometric model virtual experiments can be carried out to study the stiffness and transfer characteristics of ball screws with changing load and speed. This approach is a tool for investigating the geometry of new ball screws and for further optimization and their application in mechatronic modules.

Ключевые слова: шарико-винтовая передача; моделирование; метод кинестатики.

Keywords: balls crews; simulation; mechanical equilibrium.

Одной из передовых технологий машиностроения является технология быстрой резки (High Speed Cutting), которая позволяет обрабатывать поверхность металла без значительного воздействия на свойства верхних слоев и экономить металл, за счет уменьшения размеров стружки. Учитывая, что скорость резки очень велика, подобная технология может быть отличным примером того, что к механическим компонентам станков, обеспечивающих вращение на высокой частоте со столь же быстрым линейным перемещением инструмента, предъявляются новые требования по динамическим характеристикам, регулируемости и податливости при взаимодействии с обрабатываемым материалом.

Чтобы изучить возможности конструктивного усовершенствования механических компонентов (в частности преобразователей вращательного движения в поступательное), возникает потребность в разработке сложных интегрированных симуляционных моделей, которые позволяют учесть влияние многих меняющихся во время работы параметров: температуры, скорости движения, нагрузок, управляющих воздействий, возмущений, провоцируемых резонансом и другими колебаниями [1]. На современном этапе развития техники существует множество разрозненных методов описания отдельных явлений в преобразователях движения, однако интегрированных моделей, которые позволяли бы учесть много меняющихся параметров, нет, при том что вычислительные мощности позволяют проводить такие симуляции [2]. Предметом данной статьи является разработка концепции интегрированной симуляционной модели для шарико-винтовой передачи.

В качестве основы для модели выбирается кинематическая цепь недеформируемых тел, состоящая из винта, шариков и гайки. Описание взаимодействия звеньев кинематической цепи на начальном этапе производится по принципу кинестатики.

Для реализации симуляционного процесса можно воспользоваться инструментальным пакетом Simulink программного продукта Matlab. Допущения, принятые при моделировании, необходимы прежде всего для того, чтобы совместить геометрию твердого тела с топографией поверхности и поведением при деформации. Для такого совмещения без допущений необходимо использовать особые методы моделирования, как например метод конечных элементов, чтобы получить взаимосвязанные выражения величин. Программные условия применяемых пакетов, однако, позволяют использовать эту методологию лишь дополнительно, без интеграции в симуляционный процесс [3]. Чтобы снизить сложность численных преобразований, необходимо на начальном этапе смоделировать лишь один шарик в передаче. При дальнейшем расширении модели до произвольного числа шариков и их взаимодействия в последствии не возникнет трудностей. При моделировании учитываются следующие упрощения:

- разницы в шаге между гайкой и винтом нет, поскольку обеспечение преднатяга посредством нескольких витков невозможно при использовании только одного шарика на виток;
- геометрия профиля гайки и винта постоянна по всей длине профиля: моделирование ошибок производства (локальные изменения профиля, биение) не рассматриваются;
- все шарики имеют одинаковый диаметр и несут одинаковую нагрузку. Данное допущение необходимо для того, чтобы ограничить модель одним шариком на виток и рассчитать соответственно нагрузки;
- осевые изменения или кручение на гайке или винте не рассматриваются: их воздействие с точки зрения статики и динамики может быть описано корректировкой жесткости модели. Отображение локальных деформаций между двумя друг против друга преднатянутыми витками требует не только больших вычислений, но и локальных изменений формы геометрии модели. Однако подобный преднатяг уже исключен из рассмотрения ранее;
- контактные силы действуют в точке соприкосновения: с физической точки зрения речь идет о напряжении смятия, так что для определения равновесия сил и моментов необходимо производить интегрирование по площади. В данной модели для упрощения рассматривается эквивалентная точечная сила в месте соприкосновения;
- коэффициенты трения постоянны, поскольку действующий в реальности эффект Штрибека выявляется экспериментально и может быть интегрирован в модель позднее.

Симуляционный процесс состоит из пяти шагов, каждый из которых является функционально расширенной версией предыдущего. На первом этапе составляется описание геометрии поверхности профиля гайки и винта. Геометрическая модель содержит при этом все необходимые для производства данные: диаметры, шаг, угол контакта, материалы. Эти данные задаются для каждого звена отдельно. Моделирование геометрии позволяет, как визуализировать движение звеньев передачи, так и подготовить данные для последующего профилирования в осевом сечении. Раздельное задание параметров звеньев позволяет во время симуляции корректировать отдельные элементы геометрии, как, например, угол контакта или зазор между звеньями.

На втором этапе в геометрическую модель кинематической цепи добавляются шарики и определяются точки контакта между тремя элементами. Выходные данные этапа — координаты точек контакта, а также нормальные и тангенциальные направления для расчета сил взаимодействия звеньев и их изменения в выбранной системе координат.

На следующем шаге модель расширяется описанием упругих свойств звеньев. Для этого определяется нелинейная концентрированная локальная жесткость из расстояния между звеньями, которое коррелируется деформацией под действием нагрузки по теории контактного взаимодействия. Из полученных деформаций выводятся выражения для нормальных сил в точках контакта для каждого звена отдельно.

На четвертом этапе модель расширяется симуляцией статической деформации всей изначально неподвижной кинематической цепи под действием преднатяга. Из условия равновесия действующих на звенья реакций связей при помощи законов сохранения импульса и момента импульса вычисляется результирующее ускорение, обусловленное смещением шариков под действием преднатяга. При интегрировании полученного ускорения определяется новое положение звеньев, которое передается обратно в геометрическую модель. Итеративный подход позволяет смоделировать смещение шариков и сил в точках контакта, что дает возможность получить информацию об угле контакта под статической нагрузкой.

На пятом шаге к равновесным внутренним силам добавляются движущие силы и силы сопротивления, что позволяет получить модель поведения передачи в динамике. Общая структура итеративного процесса представлена на рис. 1.



Рисунок 1. Общая структура итеративного процесса

При помощи описанного итеративного симуляционного подхода, базирующегося на параметрической геометрической модели можно провести виртуальные эксперименты для исследования таких параметров, как: жесткость, передаточная характеристика при изменении нагрузки и скорости, момент трения, смещение угла контакта. Таким образом, данный подход является инструментом исследования новых геометрий ШВП для их оптимизации и дальнейшего применения в мехатронных модулях.

Список литературы:

1. Гольц Г.У. Анализ, составление модели и оптимизация эксплуатационных качеств шарико-винтовой передачи: дисс. ... д-р техн. наук: защищена 22.11.1990. — Карлсруэ, 1990. — С. 37—42.
2. Дамбахер У. Шарико-винтовые передачи с большим углом контакта: дисс. ... д-р техн. наук: защищена 13.01.2005. — Карлсруэ, 2005. — С. 29—34.
3. Зидль Д. Симуляция динамики станков и инструментов во время рабочих перемещений: дисс. ... д-р техн. наук: Мюнхен, 2008. — С. 37—42.

**СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД
К СОЗДАНИЮ ОРИГИНАЛЬНЫХ
ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ
ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ СЫРЬЯ
И МАТЕРИАЛОВ**

Титов Валерий Архипович

*канд. техн. наук, доцент кафедры «Стандартизация, метрология
и управление качеством» Сибирский федеральный университет,
г. Красноярск
E-mail: titov-var@mail.ru*

Колбасина Наталья Анатольевна

*канд. техн. наук, доцент кафедры «Конструкторско-технологическое
обеспечение машиностроительных производств»
Сибирский федеральный университет, г. Красноярск
E-mail: natalya-Kolbasina@yandex.ru*

Мерзликина Наталья Викторовна

*старший преподаватель кафедры «Стандартизация, метрология
и управление качеством» Сибирский федеральный университет,
г. Красноярск
E-mail: mnv190573@mail.ru*

Пикалов Юрий Анатольевич

*канд. техн. наук, доцент кафедры «Стандартизация, метрология
и управление качеством» Сибирский федеральный университет,
г. Красноярск
E-mail: uapikalov@mail.ru*

Секацкий Виктор Степанович

*канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Стандартизация,
метрология и управление качеством» Сибирский федеральный
университет, г. Красноярск
E-mail: sekackiy@rambler.ru*

MODERN APPROACH TO THE CREATION OF THE ORIGINAL GEARS FOR SHREDDERS OF RAW MATERIALS

Valery A. Titov

*candidate of technical sciences, associate professor Siberian Federal
University, Krasnoyarsk*

Natalya N. Kolbasina

*candidate of technical sciences, associate professor Siberian Federal
University, Krasnoyarsk*

Natalya V. Merzlikina

senior instructor Siberian Federal University, Krasnoyarsk

Yuri A. Pikalov

*candidate of technical sciences, associate professor Siberian Federal
University, Krasnoyarsk*

Viktor S. Sekatsky

*candidate of technical sciences, associate professor,
Head of the standardization and quality control department Siberian
Federal University, Krasnoyarsk*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассматриваются основные элементы программно-математического комплекса создания специальных зубчатых передач измельчителей. Программно-математический комплекс впервые разработан для проектирования оригинальных зубчатых передач с использованием математических моделей и современных вычислительных пакетов, встраиваемых в CALS-технологии. Полученные результаты предназначены для создания измельчителей материалов на основе торцевых зубчатых передач и передач внутреннего зацепления.

ABSTRACT

This article discusses the basic elements of complex mathematical software and the creation of special gear grinders. Software-math complex was first developed for the design of special gear with the use of mathematical models and modern computational packages, embedded in CALS-technology. The results are intended to create a sizer-based materials end gears and gear internal gear.

Ключевые слова: специальные зубчатые передачи; измельчители материалов.

Key words: special gears; grinders materials.

В настоящее время в сельском хозяйстве для приготовления комбикормов широко применяются молотковые (роторные) дробилки. В них реализован способ измельчения сырья ударом быстровращающихся молотков (бил). Эти дробилки измельчают хрупкие материалы, для чего зерно сушат до влажности не более 16 %, затрачивая при этом значительные энергоресурсы.

Молотковые (роторные) дробилки с трудом измельчают такое ценное по кормовым свойствам и урожайности зерно как овес, которое представляет из себя композицию твердой оболочки и мягкой сердцевины.

Из теории и практики измельчения известно, что наиболее энергоэффективным является способ так называемого «экструзионного» измельчения [3, 8], который заключается в одновременном воздействии на сырье сжимающих и сдвигающих усилий в закрытом объеме с последующим продавливанием через отверстия в решетке (фильеры) — этот способ позволяет измельчать зерно любой влажности и овес без существенной потери производительности. Поиск механизмов, реализующих этот способ измельчения, показал, что он частично реализуется в двухвалковых дробилках с сегментными валами [3, 6, 7, 9], но для зерна они малопригодны. Другим механизмом, реализующим этот способ, является измельчитель на основе торцевой зубчатой передачи [1, 3, 8].

При выполнении проекта Сибирского федерального университета в 2008 г. на тему «Создание универсальных дезинтеграторов на основе торцевой зубчатой передачи для измельчения широкого спектра материалов» мы столкнулись с невозможностью применения ранее сделанных наработок по проектированию геометрии этих передач [3] из-за несоответствия применяемых методик и приемов современным требованиям.

Подобные трудности возникли и при выполнении проекта по ФЦП на тему «Создание параметрического ряда универсальных измельчителей, реализующих способ экструзионного измельчения, для переработки сельскохозяйственного сырья» (2009—2010 гг.).

Фактически перед нами стала задача по разработке аппарата проектирования оригинальных зубчатых передач для измельчителей сырья и материалов, опираясь на теорию зубчатых передач, возможности ПК и современных пакетов прикладных программ.

Для этого был разработан программно-математический комплекс для создания оригинальных зубчатых передач измельчителей [7].

На рис. 1 представлены твердотельные модели измельчителей на основе торцевой зубчатой передачи (рис. 1,а) и передачи внутреннего зацепления (рис. 1, б).

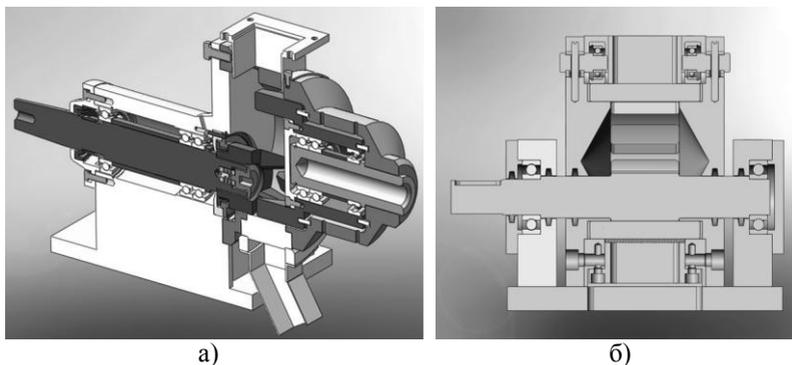


Рисунок 1. Твердотельные модели измельчителей на основе оригинальных передач

Рабочим органом измельчителя является или торцевая зубчатая передача (рис. 2, а), или оригинальная цилиндрическая зубчатая передача внутреннего зацепления (рис. 2, б).

Сечение зубьев торцевой и цилиндрической передач по своей конфигурации идентичны. Поэтому при их проектировании применен единый подход.

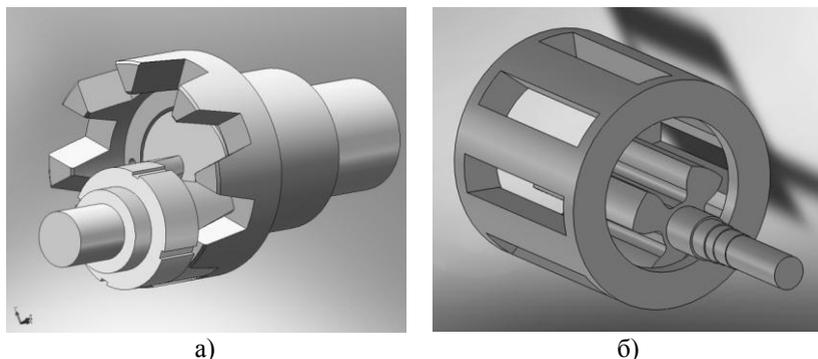


Рисунок 2. Специальные зубчатые передачи

Современный подход к проектированию технических объектов подразумевает реализацию автоматизированного создания твердотельных моделей объектов, что позволяет на любом этапе проектирования изменить необходимые параметры модели для достижения оптимальных характеристик конструкции. Процесс создания шестерен и колес данных передач включает несколько этапов и достаточно трудоемок.

Специфика этих передач определена требованиями к измельчителям, основой которых они являются — это производительность, массогабитные характеристики, ограничение по шумности работы. Исходя из этих требований передачи должны быть крупномодульными с числом зубьев шестерни $z_1=4-6$ и передаточным отношением $i_{21}=1,5\div 2$, плавность их работы должна быть достаточно высокой [7].

Полное математическое описание геометрии таких передач, дающего возможность варьирования параметров для выбора оптимального, приведено в работах авторов данной статьи [5, 1].

В рамках работ, проводимых в лаборатории «Энергоэффективные способы измельчения» СФУ, реализован синтез геометрий передач для измельчителей, совместимых с CALS-технологиями создания машин [1, 5]. Созданы процессорные модули на основе вычислительных пакетов типа COSMOS, ANSYS и т. д. для их использования в системах автоматического проектирования.

На рис. 3 представлена структура программно-математического комплекса создания специальных зубчатых передач измельчителей.

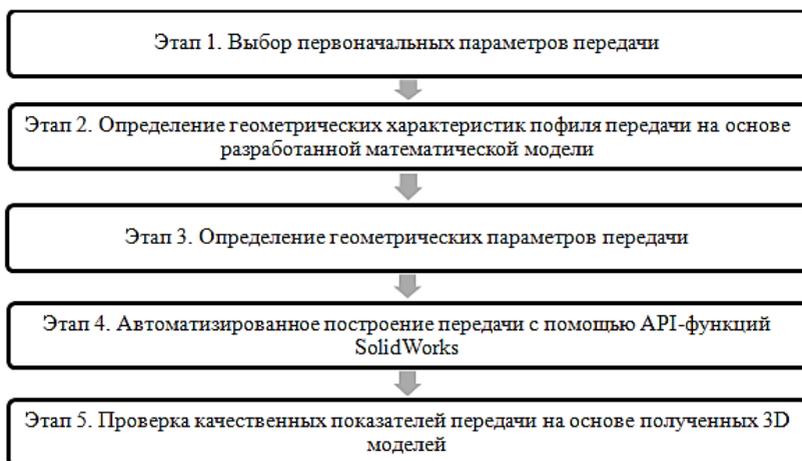


Рисунок 3 Структура программно-математического комплекса

На первом этапе работы необходимо определить входные данные для проектирования.

Первоначальные параметры передачи (диаметр колеса, модуль, количество зубьев) задаются исходя из необходимой производительности для насыпных материалов и/или размера кусков измельчаемых материалов.

Модуль передач определяется по следующим формулам [7]. При измельчении кускового материала

$$m = \sqrt[3]{\frac{4c^3 \cos 0,5\left(\frac{180^\circ}{i_{21}z_1}\right)}{\pi k_t(z_1+2)^2}} \quad (1)$$

При измельчении сыпного материала

$$m = \sqrt[3]{\frac{4Q \cos 0,5\left(\frac{180^\circ}{i_{21}z_1}\right)10^6}{\rho \pi k_t(z_1+2)^2 z_1 n}} \quad (2)$$

На втором этапе определяется геометрия профилей зубьев передачи исходя из условия их сопряженности. На основе уравнений (3, 4) профилей зубьев колеса и шестерни соответственно проводится расчет геометрических характеристик профилей колеса и шестерни в любом сечении, который позволяет визуализировать синтезированную передачу и получить координаты точек, образующих профили.

Линия профиля зуба колеса в системе координат колеса имеет вид

$$\begin{cases} x_k = u \cdot \operatorname{tg} \alpha + r_k \cdot (\sin \beta - \cos \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha) \\ y_k = u \end{cases} \quad (3)$$

где u — вспомогательный параметр,

α — угол профиля зуба колеса,

β — угол, соответствующий длине дуги, равной половине ширины зуба колеса.

Уравнения рабочей поверхности профиля зуба шестерни в параметрическом виде:

$$\begin{cases} x_{shr}(\psi) = r_k \sin(\alpha - \beta) \cos(R\psi + \alpha) + \frac{a}{R} \sin(R\psi + \alpha) \cos(R\psi + \alpha - \psi) - a \sin \psi \\ y_{shr}(\psi) = -r_k \sin(\alpha - \beta) \sin(R\psi + \alpha) + \frac{a}{R} \cos(R\psi + \alpha) \cos(R\psi + \alpha - \psi) - a \cos \psi \end{cases} \quad (4)$$

где ψ — основной варьируемый параметр — угол обката, радиус обката принимается равным делительному диаметру шестерни,

α — угол профиля зуба колеса.

На рис. 4 представлены кривые, полученные по вышеприведенным уравнениям, представляющие профили зубьев колеса и шестерни в зацеплении.

Для построения твердотельных моделей передач был разработан программный модуль для реализации их автоматического параметрического построения.

На рис. 5 представлен интерфейс программы параметрического построения внутренней зубчатой передачи. Входными параметрами программы являются: параметры построения колеса (диаметры впадины, делительный и вершины, число зубьев), параметры построения шестерни (диаметры впадины, делительный и вершины, а так же число зубьев), общие параметры построения (высота зуба и угол наклона профиля зуба).

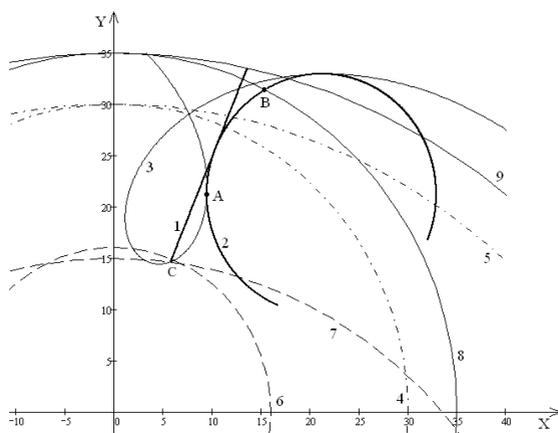


Рисунок 4. Кривые, представляющие профили зубьев колес и шестерни: отрезок 1 — правый профиль зуба колеса; дуга АВ — левый профиль зуба шестерни; дуга 2 — огибающая, образующая сопряженный профиль шестерни; петля 3 — траектория движения вершины профиля зуба колеса при обкате; окружность 4 — делительная окружность для шестерни, окружность 5 — делительная окружность для колеса; окружность 6 — окружность впадин для шестерни; окружность 7 — окружность впадин для колеса; окружность 8 — окружность вершин для шестерни, окружность 9 — окружность вершин для колеса



Рисунок 5. Интерфейс приложения

На третьем этапе с помощью разработанной программы проводится уточненный расчет геометрических параметров передачи, схема которого представлена на (рис. 6).

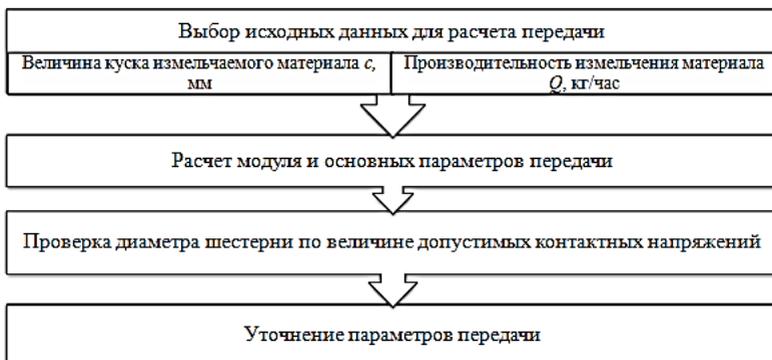


Рисунок 6. Схема расчета параметров передачи

На четвертом этапе с помощью разработанной программы проводится построение твердотельных моделей элементов передач с уточненными параметрами.

Пользователю предоставляется выбор: либо просмотреть полученную деталь, либо сохранить деталь без просмотра, используя расширение SLDPRT. Чтобы построить деталь, после корректного заполнения всех полей, пользователь должен выбрать кнопку с нужной надписью. В итоге в зависимости от выбора пользователя, мы имеем либо файл сохраненной детали, либо твердотельную модель детали, построенную в SolidWorks 2008.

На рис. 7 и 8 представлены твердотельные модели колеса и шестерни зубчатого зацепления соответственно. Данные детали участвовали в синтезе сборки зацепления, показанного на рис. 1 и 2.

Разработка модуля параметризованного построения шестерни внутренней зубчатой передачи осуществлялся в программном продукте CodeGear 2009 Version 12.0.3170.16989, с помощью ActiveX-технологий.

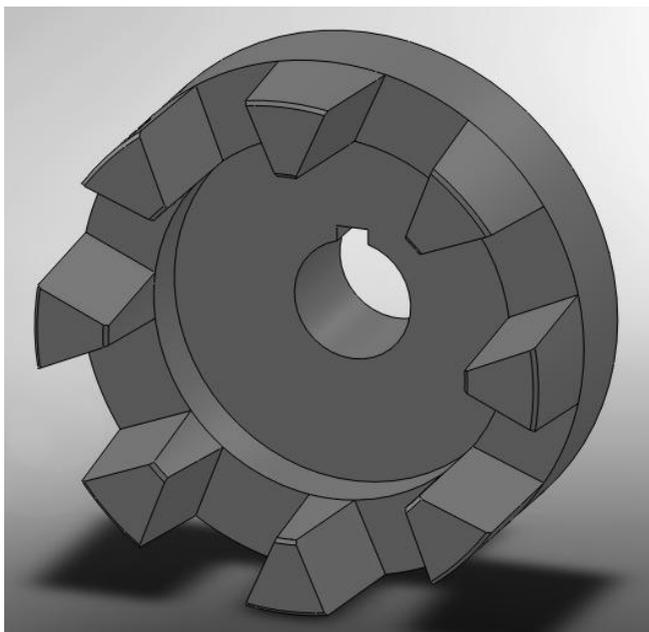


Рисунок. 7. Колесо зубчатого зацепления

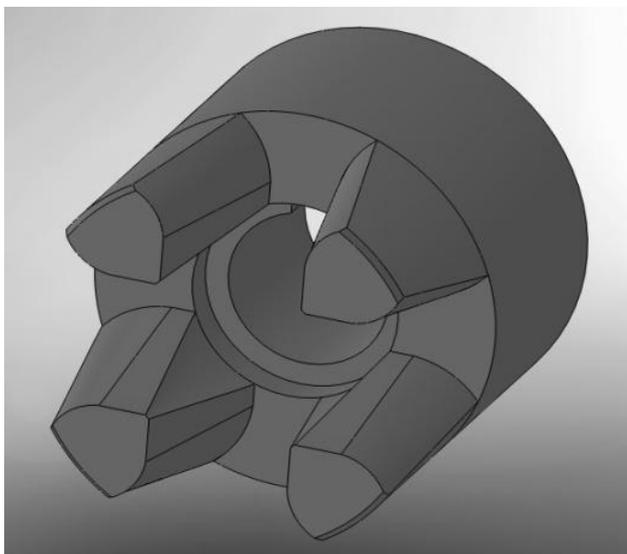


Рисунок 8. Шестерня зубчатого зацепления

На рис. 9 представлена иерархия модулей программы автоматизированного построения твердотельных моделей колеса и шестерни передачи.

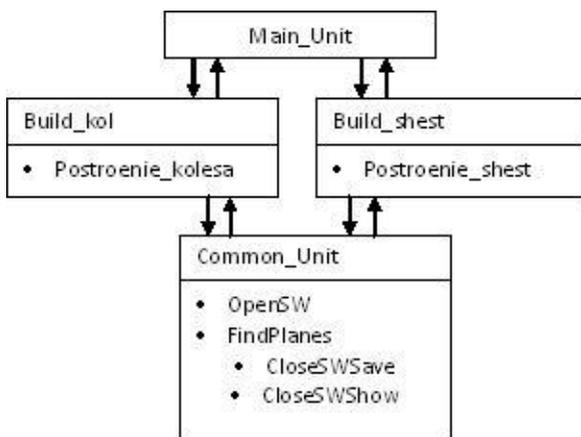


Рисунок 9. Иерархия модулей в приложении

Данная программа имеет следующую структуру модулей:

1. Main_Unit — ввод входных параметров передачи. Данный модуль является вызывающим другие модули, которые реализуют функционал приложения.

2. Common_Unit — функции открытия SolidWorks 2008, режимы сохранения детали в SolidWorks; в данном модуле реализованы следующие функции:

- function OpenSW: IModelDoc2 — запуск программы SolidWorks 2008 и создание нового документа;

- function FindPlanes: HResult — на выходе имеем указатель на нужную плоскость (xy, xz, yz);

- function CloseSWSave: string — работа в режиме «Сохранение без просмотра», в результате получаем название детали;

- function CloseSWShow: Hresult — работа в режиме «Предварительный просмотр детали», возвращает S_OK в случае успеха;

3. Build_kol — построение твердотельной модели колеса в SolidWorks;

- procedure Postroenie_kolesa — реализует построение модели колеса, в результате имеем готовую модель в программе SolidWorks;

4. Build_Shest — построение твердотельной модели шестерни в SolidWorks;

- Procedure Postroenie_Shest — реализует построение модели шестерни, в результате имеем готовую модель в программе SolidWorks.

Реализация данного программного приложения существенно облегчает и сокращает время процесса создания и последующего анализа характеристик специальных зубчатых передач.

На последнем этапе по построенной твердотельной модели проводится анализ качественных характеристик передачи, таких как плавность работы, прочность, собираемость конструкции и т. д. Проверка производится с помощью встроенных модулей SolidWorks, в частности модулей инженерного и кинематического анализа.

Список литературы:

1. Груздов Д.Е. Разработка методики геометрического и прочностного расчета торцевых передач с зацеплением по «Улиткам — Паскаля»: Дис. канд. техн. наук 05.02.02 / Защищена 2004 г., Красноярск.
2. Мерзликина Н.В. Построение трехмерной параметрической модели торцевой зубчатой передачи для измельчителя материалов / Н.В. Мерзликина, Д.И. Морозов, Н.А. Колбасина, В.А. Титов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. — 2010. — Вып. 6 (32) — С. 52—55.

3. Мерзликина Н.В. Управление качеством измельчаемого сырья и производительностью работы на универсальном измельчителе с торцевой зубчатой передачей / Н.В. Мерзликина, Ю.А. Пикалов, В.А. Титов, В.С. Секацкий // Труды V Международной научно-практической конференции «Управление качеством в современной организации». — Пенза, 2010. С. 73—76.
4. Патент РФ № 2412006 Измельчитель/ В.А. Титов. Опубл. 20.02.2011, Бюл. № 5.
5. Титов В.А. Геометрия оригинальной цилиндрической передачи внутреннего зацепления для измельчителей материалов/ В.А. Титов, Н.А. Колбасина — Проблемы машиностроения и автоматизации, 2010, № 3. С. 91—93.
6. Титов В.А. Дезинтегратор для нужд сельского хозяйства. Исследование процессов измельчения/ В.А. Титов, Н.В. Мерзликина // Вестник КрасГАУ. — 2009. — Вып. 11 — С. 166—170.
7. Титов, В.А. Использование возможностей торцевой зубчатой передачи для измельчения материалов /В.А. Титов, В.С. Секацкий, Н.А. Колбасина, Н.В. Мерзликина // Проблемы машиностроения и автоматизации. — 2009. — № 4 — С. 99—105.
8. Титов В.А. Реализация способа экструзионного измельчения в дезинтеграторе на основе торцевой зубчатой передачи / В.А. Титов, Н.В. Василенко. — Проблемы машиностроения и автоматизации, 2007, № 1. С. 115—117.
9. Титов, В.А. Экспериментальное исследование многофункциональных возможностей измельчителя на основе торцевой зубчатой передачи / В.А. Титов, Н.В. Мерзликина, Ю.А. Пикалов, В.С. Секацкий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2010. — Том 12 (33) № 1(2) — С. 556—559.

СЕКЦИЯ 4.

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОС ПРИ СЖИГАНИИ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

Аскарова Алия Сандыбаевна

*д-р физ.-мат. наук, профессор КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы*

Болегенова Салтанат Алихановна

*д-р физ.-мат. наук, профессор КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы*

Бекмухамет Айдын

*PhD докторант, преподаватель КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы*

Бекетаева Меруерт Тұрғанбекқызы

*PhD докторант, преподаватель КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы*

Оспанова Шынар Сабитовна

*PhD докторант, преподаватель КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы*

E-mail: shinar_ospanova87@mail.ru

HEAT AND MASS TRANSFER IN THE COMBUSTION OF PULVERIZED COAL

Aliya Askarova

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
professor of al-Farabi KazNU, Almaty*

Saltanat Bolegenova

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
professor of al-Farabi KazNU, Almaty*

Aidyn Bekmukhamet

PhD, lecturer of al-Farabi KazNU, Almaty

Meruyert Beketayeva

PhD, lecturer of al-Farabi KazNU, Almaty

Shynar Ospanova

PhD, lecturer of al-Farabi KazNU, Almaty

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена трехмерному компьютерному моделированию процессов тепломассопереноса при сжигании экибастузского угля в топках паровых котлов. Приведены результаты численного моделирования процессов сжигания экибастузского угля в пылевидном состоянии на модели парового котла в виде параллелепипеда с тангенциальной подачей топлива. В результате проведения вычислительного эксперимента настоящей статье был получен обширный банк всевозможных характеристик топочного процесса: аэродинамика, температура, давление, поле концентраций как газового так и твердого состава продуктов горения. Полученные результаты помогут оптимизировать процесс сжигания топлива относительно эффективности и минимизации вредных выбросов и создать электростанции на «чистом» и эффективном использовании угля.

ABSTRACT

Article focuses on three-dimensional computer modeling of heat and mass transfer the Ekibastuz coal combustion in furnaces of steam boilers. There are results of numerical simulation of the combustion pulverized Ekibastuz coal on the model of the boiler in the form of a parallelepiped

with a tangential fuel supply. As a result of computer simulation in this article was received extensive bank of various characteristics of the furnace process: aerodynamics, temperature, pressure, concentration field as a gas and a solid composition of the products of combustion. These results will help optimize combustion process on the efficiency and reduce harmful emissions and create a power plant on a "clean" and efficient use of coal.

Ключевые слова: численное моделирование; горелка; факел.

Keywords: numerical simulation; torch; flare.

Исследования процессов конвективного тепломассопереноса в реагирующих средах, происходящих при сжигании пылеугольного топлива в топочных камерах ТЭС, приобретают особую актуальность в связи с сокращением использования жидкого топлива, являющегося ценным сырьем для нефтеперерабатывающей промышленности, и расширением применения твердых топлив. Исследуемая технология сжигания углей и компьютерное моделирование процессов, происходящих внутри топочного пространства камер сжигания, являются новыми и эффективны при сжигании всех типов углей, используемых на ТЭС. Численное моделирование турбулентных течений с химическими реакциями, включающее термодинамическое, кинетическое и трехмерное компьютерное моделирование топочных камер, позволит с наименьшими затратами детально исследовать турбулентное горение пылеугольного топлива в реальных камерах сгорания. Одним из путей оперативного получения необходимых данных для проектирования и определения оптимальных режимных параметров котлоагрегатов является проведение исследований (как экспериментальных, так и численных) на огневых моделях топков. Отыскание наилучших конструктивных и компоновочных решений, способствующих скорейшему освоению мощных котлоагрегатов в настоящее время становится уже невозможным без широкого использования различных моделей.

Для пылеугольных котлов используются два типа горелок: вихревые с закруткой потоков внутри горелки и прямоточные горелки с закруткой потоков в топочном объеме. В настоящее время тангенциальные топки находят широкое распространение в отечественном и зарубежном котлостроении при сжигании как твердого, так и жидкого топлива. Для сжигания твердых топлив в топках паровых котлов с высокой паропроизводительностью основным является пылевидный метод. Угольная пыль готовится в индивидуальных системах пылеприготовления, которые связаны

с технологической схемой сжигания топлива. Топочная камера преимущественно выполняется в виде прямоугольной призмы, заполненной экранными трубами. Топки мощных паровых котлов выполняются в виде вытянутого параллелепипеда прямоугольного, квадратного или, реже более сложного, например восьмигранного сечения [1].

В данной статье приведены результаты численного моделирования процессов сжигания экибастузского угля в пылевидном состоянии на модели парового котла в виде параллелепипеда с тангенциальной подачей топлива. Экспериментальная установка — это камера сгорания, имеющая форму параллелепипеда высотой 7,635 м, шириной 2,1 м и длиной 1,55 м.

Компьютерное моделирование задачи о сжигании Экибастузского угля, обладающего большой зольностью (до 40 %) и высокой влажностью проведено на основе 3-мерных уравнений переноса импульса, а также транспортных уравнений энергии и концентрации с учетом химических реакций при соответствующих граничных условиях.

Горение в топке должно быть по возможности более полным с минимальными потерями от химической (недостаток поступающего воздуха в топку котла, низкая температура в топке, неправильное распределение в ней воздуха, недостаточный объем топочного пространства) и механической (провал и вынос мелких частиц несгоревшего топлива в газоходы котла) неполноты сгорания. Результаты численного эксперимента по сгоранию угля в пылевидном состоянии приведены далее. Для проведения вычислительного эксперимента был использован компьютерный пакет программ трехмерного моделирования сжигания угля в камерах сгорания паровых котлов FLOREAN. Этот пакет базируется на решении консервативных уравнений для газотопливной смеси методом конечного объема. Он включает в себя подмодель баланса импульса, энергии, SIMPLE-метод корректировки давления, $k-\epsilon$ модель турбулентности, 6-ти поточную модель для вычисления теплопереноса излучением, уравнения баланса для компонент вещества. Выбранный пакет программ позволяет рассчитать компоненты скорости u , v , w , температуру T , давление P , концентрации продуктов сгорания и другие характеристики процесса сжигания твердого топлива в пылевидном состоянии по всему топочному пространству [2].

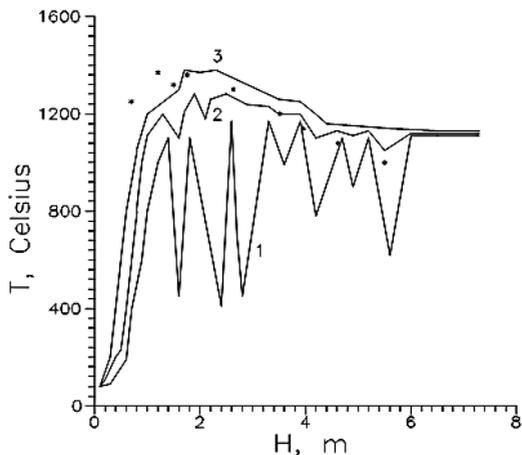
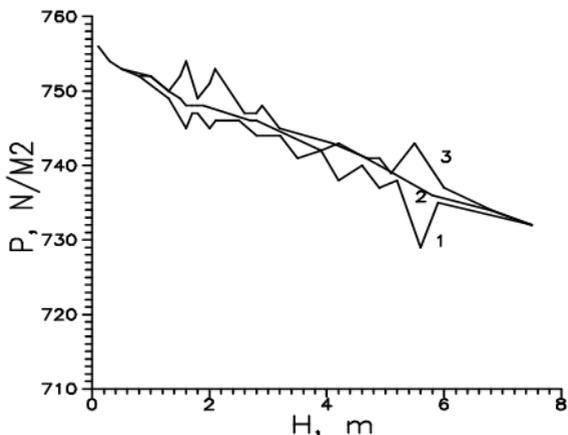


Рисунок 1. Сравнение расчетного и экспериментального распределения температуры по высоте камеры сгорания. 1 — минимальное, 2 — среднее, 3 — максимальное по сечению значения; линия — моделирование, * — эксперимент

На рис. 1 представлено распределение расчетной максимальной, минимальной и средней в горизонтальном сечении температуры горящего потока по высоте котла. Температура в факеле пылеугольной топки проходит через максимум и снижается при выходе из нее вследствие поглощения большого количества тепла кипящими трубами топочных экранов. Видно, что зона максимальных температур локализуется на уровне горелок второго яруса. Также показано экспериментальное распределение средней температуры по высоте топки. Сравнение говорит о том, что на выходе расчетное значение температуры несколько завышено, что очевидно связано с подачей третичного воздуха на четвертом, пятом и шестом ярусах.

В нормально работающих печах устанавливается небольшое разрежение, которое в конце печи не превышает 2—3 мм вод. ст. Следовательно, в пределах печи давление меняется не более, чем на 0,02—0,03 %. На рис. 2 представлено расчетное распределение максимального, среднего и минимального значений (по поперечному сечению котла) давления P вдоль камеры сгорания. Давление уменьшается по мере продвижения к выходу из котельной установки. Истинное давление можно определить по формуле $P_{\text{ист}} = P + 10^5$ (Па).



**Рисунок 2. Распределение давления по высоте камеры сгорания.
1 — минимальное, 2 — среднее, 3 — максимальное
по сечению значения**

На рис. 3—4 даны кривые распределения максимальных, минимальных и средних по сечению значений концентраций окиси углерода и метана по высоте камеры. Максимумы эти кривые достигают в области расположения горелок (I—III ярусы), где собственно и происходит образование CO и CH_4 в процессе химической реакции между твердым топливом и окислителем. Зная содержание окиси углерода в отходящих дымовых газах, определяют потерю от неполноты горения. Обычно потеря составляет 3—7 % в зависимости от рода топлива, а при большом недостатке воздуха может быть до 25 % и больше. Например, 1 % окиси углерода в уходящих газах соответствует примерно 6—7 % потери тепла израсходованного топлива. Из графиков видно, что расчетные значения концентраций CO и CH_4 на выходе соответствуют минимуму химического недожога: на выходе из котла концентрация CO ниже предельно допустимой, а концентрация CH_4 практически нулевая.

В реальных условиях работы котла создаются ситуации, когда необходима аварийная остановка мельниц. В настоящей работе была смоделирована такая ситуация, имитирующая останов пылесистемы, когда второй ярус горелок закрыт. Чтобы сохранить нагрузку котла по топливу и производительность котельной установки, топливо второго яруса распределяется между оставшимися незакрытыми горелками.

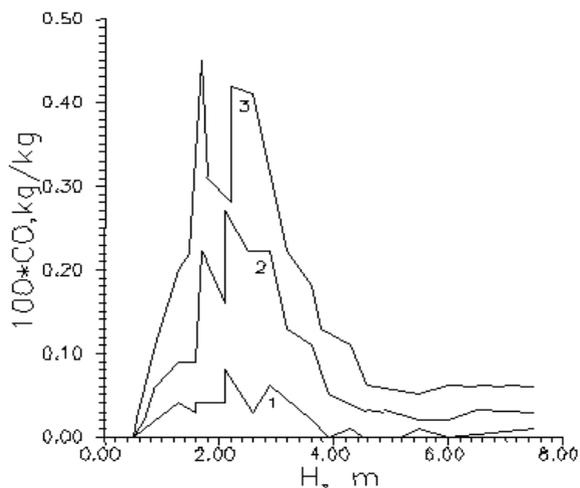


Рисунок 3. Распределение концентрации окиси углерода CO по высоте камеры сгорания. 1 — минимальное, 2 — среднее, 3 — максимальное по сечению значения

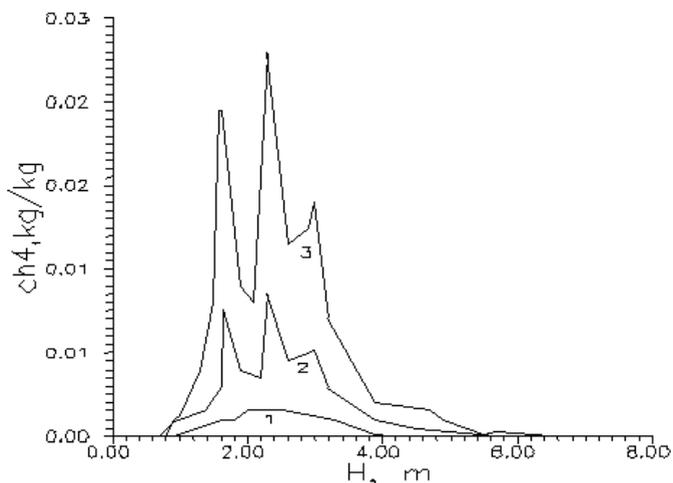


Рисунок 4. Распределение концентрации CH₄ метана по высоте камеры сгорания. 1 — минимальное, 2 — среднее, 3 — максимальное по сечению значения

Из анализа результатов численного эксперимента можно сделать вывод о том, что исследуемая в этом разделе модель работает устойчиво и может быть рекомендована для машинного моделирования подобных течений. Полученные результаты позволят оптимизировать процесс сжигания твердого топлива и дать соответствующую концепцию производства энергии с минимальным количеством вредных веществ.

Список литературы:

1. Аскарлова А.С., Ауельбекова Е.В. Моделирование процессов тепломассопереноса при сжигании твердого топлива в котельной установке. // Материалы симпозиума «Проблемы прикладной аэродинамики, тепломассообмена и горения». Алматы, 1997. С. 44.
2. Askarowa A.C., Buchmann A. Über Struktur der Flamme von Wirbelbrenneren und Verbrennungsvorgänge der aschenreichen Kohle. //Verbrennung und Feuerungen. 18 Deutsch-Niederländischer Flammentag. VDI-Gesellschaft Energietechnik. Düsseldorf, VDI Verl. ISBN3-18-091313-4. 1997. S. 241—244.

**НЕЧЁТКАЯ ЛОГИКА
И СОГЛАСОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ
СО СКОРОСТЬЮ ПОТОКА ВЕТРА
В УСЛОВИЯХ РУДНЫХ ШАХТ**

Синчук Олег Николаевич

*д-р техн. наук, профессор Кременчугского национального
университета,
г. Кременчуг
E-mail: seem@kdu.edu.ua*

Бойко Сергей Николаевич

*аспирант Кременчугского национального университета,
г. Кременчуг
E-mail: bsn1987@i.ua*

**FUZZY LOGIC AND COORDINATION MODES WIND
ENERGY PLANT WITH A FLOW RATE WIND
IN ORE MINES**

Oleg Sinchyk

*Dr of Techn. Sciences, Professor of Kremenchug National University,
Kremenchug*

Sergey Boyko

Postgraduate Kremenchug National University, Kremenchug

АННОТАЦИЯ

Было проанализировано скорости потоков вентиляции рудных шахт. В результате принято решение построения закона управления с применением элементов нечетких множеств, что позволит реализовать контур регулирования частоты вращения ветрового колеса автоматического регулятора возбуждения на контроллере с поддержкой команд Fuzzy Logic и улучшить до оптимального качество регулирования мощности ветроустановки в условиях действий стохастических нагрузок ветра.

ABSTRACT

Analyzed the flow rates of ventilation ore mines. As a result of the decision of building control law with the use of elements of fuzzy sets, to realize the speed control loop wind wheel automatic excitation regulator controller with Fuzzy Logic and teams to improve the quality of the optimal power control wind turbine in action stochastic wind loads.

Ключевые слова: электропотребление; электрические установки; ветрогенератор; альтернативные источники энергии; нечёткая логика.

Keywords: power supply; electrical installations; wind turbine; alternative energy sources; fuzzy logic.

Важным условием повышения технико-экономических показателей ветроэнергетических установок (ВЭТУ) является соответствие характеристик агрегата ветровым режимам [2]. В настоящее время существует немало структур ВЭТУ реализующих различные алгоритмы управления [3]. Связано это, прежде всего с тем, что при управлении ветровой энергетической установкой приходится сталкиваться с комплексом неопределенных исходных данных. То есть фактически ветроэнергетический агрегат работает по неуправляемому графику и, следовательно, особенностью «конструирования» систем автоматического управления ВЭТУ является то, что необходимо управлять нелинейным нестационарным объектом управления с неопределённым влиянием динамических ветровых нагрузок.

Разрешение этой проблемы видится в построении закона управления с применением элементов нечетких множеств, что позволит реализовать контур регулирования частоты вращения ветрового колеса автоматического регулятора возбуждения на контроллере с поддержкой команд Fuzzy Logic, улучшив качество регулирования мощности ВЭТУ [2].

При этом на вход нечеткого регулятора частоты вращения колеса предлагается подавать такие сигналы — угловую частоту вращения ветрового колеса ω_k , скорость ветрового потока V_b , производную от скользящего значения скорости ветра $dV_{вк}/dt$, которая исчисляется блоком вычисления скользящего среднего и его производной, оптимальное значение угловой скорости $\omega_{опт}$, при котором от ветроколеса отбирается максимум мощности, причем $\omega_{опт}$ исчисляется блоком зависимости $P(\omega)$. Выходным сигналом нечеткого регулятора является сигнал задания по напряжению $U_{зад}$, который будет входным сигналом для тривходового регулятора возбуждения, для которого входными сигналами также значение напряжения

на выходе выпрямителя U и тока нагрузки I_n . Выходным сигналом канала регуляторов системы управления является сигнал тока возбуждения, который через блок управления возбуждением изменяет значение тока возбуждения ВЭТУ в соответствии с заданным законом.

При работе ВЭТУ в условиях шахт, скорость ветрового потока V_B не должна превышать величин, приведенных в табл. 1 [2].

Таблица 1.

Скорость воздуха в горных подземных выработках

Горные выработки, призабойные пространства, вентиляционные устройства	Максимальная скорость воздуха, м/с
Вентиляционные скважины	не ограничена
Стволы и вентиляционные скважины с подъемными установками, предназначенными только для подъема людей в аварийных случаях, вентиляционные канал	15
Стволы, предназначенные только для спуска и подъема грузов	12
Кросинги трубчатые и типа перекидных мостом	10
Стволы для спуска и подъема людей и грузов, квершлагги, главные откаточного и вентиляционные штреки, капитальные и панельные бремсберги и уклоны	8
Все другие горные выработка, угля и породы	6
Призабойной пространства очистных и тупиковых выработок	4

Блок нечеткого логического вывода о значении напряжения задания можно представить в виде структуры, изображенной на рис. 1 [1].

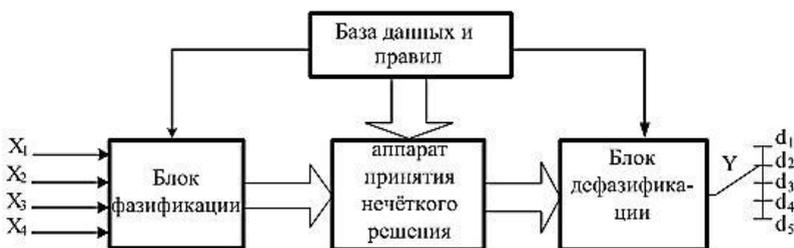


Рисунок 1. Структура блока нечеткого логического вывода системы управления ВЭТУ

Определим диапазон изменения входных и выходных величин и проведем их лингвистическую оценку, согласно термов, которые занесены в табл. 2.

Таблица 2.

Характеристика входных и выходных величин математической модели нечеткого вывода о напряжении задания регулятора тока возбуждения ВЭТУ

Параметры	Название	Диапазон значений	Термы
X_1	Относительное значение скорости ветра	$(0 \dots 2, 2)$ $V_{ном}$	Легкий (Л), Слабый (СЛ), Умеренный (У), Свежий (СВ), Сильный (С)
X_2	Относительное значение угловой скорости вращения ветрового колеса	$(0 \dots 1, 2)$ $\omega_{ном}$	Очень малое (ОМ), малое (М), среднее (С), большое (Б), очень большое (ОБ)
X_3	Производная от скользящего значения скорости ветра	$-1 \dots +1$	Снижается (Н), не изменяется (0), возрастает (В).
X_4	Значение оптимальной скорости вращения	$-1 \dots +1$	Меньше оптимума (М), оптимальное (Н), более оптимума (Б)
Y	Значение напряжения задания для регулятора тока возбуждения	$(0 \dots 1, 2)$ $U_{ном}$	Близкое к нулю (d_1), низкое (d_2), среднее (d_3), высокое (d_4), максимальное (d_5)

Осуществим расчет параметров функции принадлежности входных величин и сведем их в таблице 3, и таблице 4.

Таблица 3.

Параметры функции принадлежности значения скорости ветра X_1

Скорость ветрового потока V_v	Центр, b	Принадлежность относ. ед.	Характеристика силы ветра
1,4	0,2	0,5	Легкий (Л)
2,8	0,4	1	
4,2	0,6	0,5	
4,2	0,6	0,5	Слабый (СЛ)
5,6	0,8	1	
7	1	0,5	
7	1	0,5	Умеренный (У)
8,4	1,2	1	
9,8	1,4	0,5	
9,8	1,4	0,5	Свежий (СВ)
11,2	1,6	1	
12,6	1,8	0,5	
12,6	1,8	0,5	Сильный (С)
14	2	1	
15,4	2,2	0,5	

Таблица 4.

Параметры функции принадлежности входных X_2 — X_4 и выходных величин

Переменные	Термы	Параметры ФП		Переменные	Термы	Параметры ФП	
		центр, b	розтяг, c			центр, b	розтяг, c
X_2	ОМ	0	0,1274	X_4	М	-1	0,4247
	М	0,3			Н	0	
	С	0,6			Б	+1	
	Б	0,9					
	ОБ	1,2					
X_3	Н	-1,2	0,5	У	ОМ	0	0,1274
	0	0			М	0,3	
	В	1,2			С	0,6	
					Б	0,9	
					ОБ	1,2	

Для функционирования математической модели нечеткого логического вывода необходимо сформировать экспертную базу знаний нечетких правил, содержащую лингвистические правила зависимости $Y=f(X)$. Базу знаний можно представить в виде [1]:

Таблица 5.

База знаний нечетких правил

Входы				Выход Y
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	
Л	ОМ	Н	М	d ₁
Л	ОМ	0	Н	
СЛ	ОМ	Н	М	
СЛ	М	Н	М	d ₂
СЛ	М	0	М	
У	С	Н	М	
СЛ	ОМ	В	Б	
У	С	0	Н	d ₃
У	С	В	М	
У	М	В	Н	
У	Б	Н	Н	
СВ	Б	0	Н	d ₄
СВ	С	В	Б	
У	Б	В	Б	
С	ОБ	0	Б	d ₅
СВ	ОБ	В	Б	
СВ	Б	В	Б	

$$(x_1 = \tilde{a}_{1j} \theta_j x_2 = \tilde{a}_{1j} \theta_j \dots \theta_j x_n = \tilde{a}_{nj}) \Rightarrow Y = d_j, j = 1, m \quad (1)$$

где: \tilde{a}_{ij} — нечеткий терм, которым оценивается переменная x_i в j -том правиле;

θ_j — логическая операция, связывающая фрагменты j -ого правила;

m — количество правил в базе.

База знаний ключевых нечетких правил представлена в виде табл. 5:

Таким образом было разработано базу знаний нечетких правил для согласования режимов работы ветроэнергетической установки со скоростью потока ветра в условиях рудных шахт.

Список литературы:

1. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближённых решений / Пер. с англ. Н.И. Ринго. Под ред. Н.Н. Моисеева и С.А. Орловского. М.: Мир, 1976. — 165 с.
2. Синчук И.О., Бойко С.М., Щербак М.А. Обоснование возможности использования ортогональной ветровой установки в условиях подземных горных выработок шахт / Труды конференции СБЕ2012 — Алушта, 2012. — 215 с.
3. Шефтер Я.И. Использование энергии ветра. / Я.И. Шефтер. М.: Энергоатомиздат, 1983. — 200 с.

СЕКЦИЯ 5.

ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

ОЦЕНКА УДЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РАЗРУШЕНИЯ НЕ СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ С УЧЕТОМ ЛОКАЛЬНОЙ ТВЕРДОСТИ В ЗОНЕ ИХ РАЗРУШЕНИЯ

Звонарёв Иван Евгеньевич

*аспирант Горного университета, г. Санкт-Петербург
E-mail: ZVano@mail.ru*

Иванов Сергей Леонидович

*д-р техн. наук, профессор Горного университета,
г. Санкт-Петербург
E-mail: lisa_lisa74@mail.ru*

Фокин Андрей Сергеевич

*канд. техн. наук, доцент Горного университета,
г. Санкт-Петербург
E-mail: Fokin@spti.ru*

Семёнов Михаил Алексеевич

*д-р техн. наук, профессор Горного университета,
г. Санкт-Петербург
E-mail: semenov021144@rambler.ru*

ASSESSMENT OF SPECIFIC WORK OF DESTRUCTION NOT STANDARD SAMPLES TAKING INTO ACCOUNT LOCAL HARDNESS IN THE ZONE OF THEIR DESTRUCTION

Ivan Zvonarev

postgraduate student of the Mining University, St. Petersburg

Sergey Ivanov

*Doctor of technical sciences, professor of the Mining University,
St. Petersburg*

Andrey Fokin

*Candidate of technical sciences, docent of the Mining University,
St. Petersburg*

Mikhail Semenov

*Doctor of technical sciences, professor of the Mining University,
St. Petersburg*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрен эффект локального изменения поверхностной твёрдости торцевых поверхностей зубьев крупномодульных зубчатых колёс горных машин. Описаны закономерности поверхностной твёрдости не стандартных образцов в зависимости от вида и величины нагружения. Дана оценка работе разрушения образцов.

ABSTRACT

The effect of local change of superficial hardness of face surfaces of teeth of coarse-grained cogwheels of mining machines is considered. Regularities of superficial hardness not standard samples depending on a look and loading size are described. The assessment is given to work of destruction of samples.

Ключевые слова: поверхностная твёрдость; горные машины; зубчатые передачи; энергоресурс.

Keywords: superficial hardness; mining machines; tooth gearings; power resource.

Анализируя поверхностную твёрдость торцов зубьев зубчатых колёс лебёдки подъёма экскаватора типа ЭКГ, отработавшей около 2000 часов, на торцевых поверхностях зубьев шестерни (модуль $m=8$ мм) были выявлены локальные изменения их поверхностной твёрдости. Измерения проводились на универсальном твёрдомере Zwick ZHU 187 (индентор — четырёхгранная алмазная пирамидка; нагрузка — 100 Н; время выдержки — 10 с).

Для выявления закономерностей проявления локального изменения поверхностной твёрдости зубьев крупномодульных передач при их эксплуатации, измерению подвергались 11 зубьев по их торцевым поверхностям. Торцевая поверхность каждого зуба была разбита на 76 секторов, в пределах которых проводились измерения поверхностной твёрдости в 3—5 точках.

Сравнивая полученную картину с моделью напряжённо-деформированного состояния зубьев при их работе — [4], выявлено подобие изменения локальных областей повышенной твёрдости с максимальными напряжениями от деформации зуба при изгибе.

Выявленный характер изменения твёрдости удалось связать с процессом изменения прочностных свойств металлов с учётом микро- и макромеханизмов пластических и упругих деформаций, вызывающих искажение кристаллической решётки металлов с образованием и перемещением вакансий и дислокаций, при котором изменение плотности внутренней энергии пропорциональной внутреннему объёму накопленных дислокаций не зависит от условий нагружения и является физической константой материала — [2].

При моделировании были проведены эксперименты на тонких образцах периодически изменяющейся формы. В качестве последних была выбрана монтажная лента ЛВП — 12х5,5 (рис. 1а) толщиной 0,55 мм.

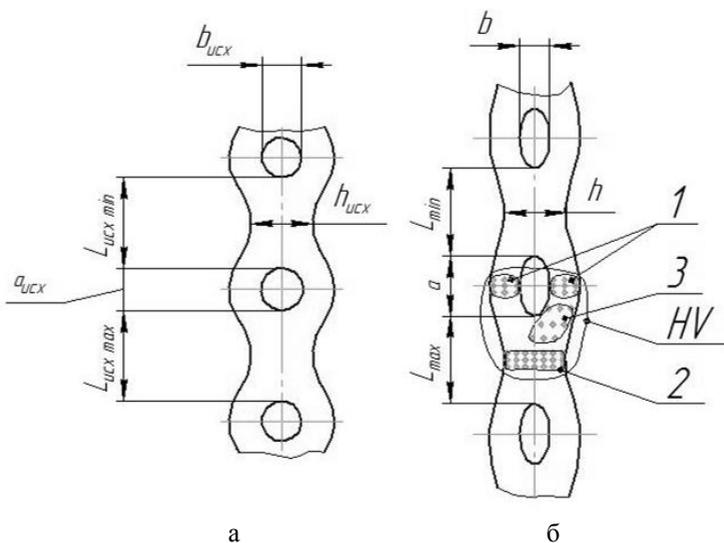


Рисунок 1. Геометрические размеры образцов до (а) и после (б) растяжения

Образцы из такой ленты обладают единством исходных физико-механических свойств и легко воспроизводимы, что позволяет анализировать процесс накопления нарушений в материале образцов при различных способах её нагружения: растяжении на машине для статических испытаний Zwick Roell и при знакопеременном изгибе на маятниковом стенде [1]. Работа разрушения образцов длиной 210 мм на машине Zwick Roell составила 3.07 Дж.

Аналогичные образцы разрушены изгибом на маятниковом стенде. В каждой серии опытов (7 испытаний при одинаковых условиях) образцы подвергались нагружению чистым изгибом и изгибом с одновременным растяжением под действием силы тяжести маятника, равного соответственно 51,15, 41,15, 31,15, 21,15 Н. Исходное отклонение маятника составляло $31^{\circ}3'$.

Результаты измерений твёрдости в непосредственной близости к плоскости разрушения и по его длине всех образцов были подвергнуты статистической обработке и представлены на рисунке 2. Изменение твёрдости по длине образца, растянутого на машине Zwick Roell, от плоскости разрыва к периферии при растяжении на рисунке 2 отмечены позицией 1 и представляет собой волнообразную кривую с максимальными значениями твёрдости в области перфорации

(позиция 1 рис. 1) и минимальной — области сужения звена образца (перемычка, позиция 2 рис. 1). Как показал анализ измерения геометрических размеров при разрушении образцов растяжением, наибольшие деформации соответствуют и большому повышению твёрдости, максимум которых находится в зоне разрушения. При разрушении образца чистым изгибом значение твёрдости плавно снижается от максимального до номинальной в пределах одного звена образца (кривая 2).

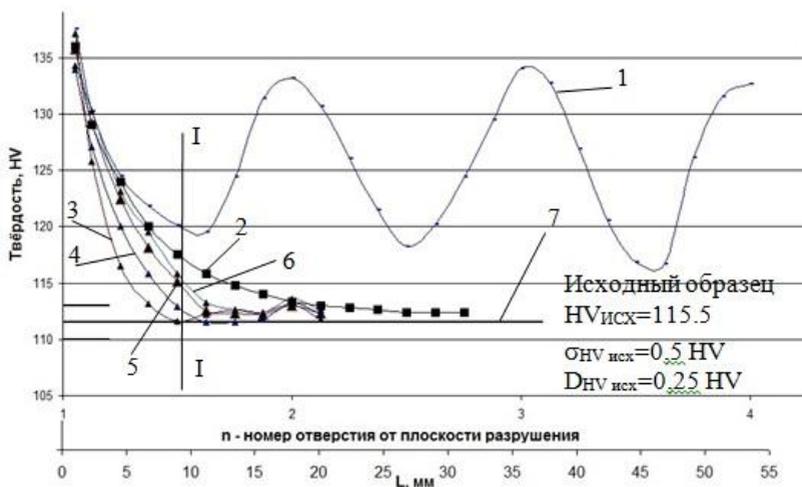


Рисунок 2. Изменение твёрдости по длине исходного образца и разрушенных образцов растяжением, изгибом и совместным действием изгиба. 1 — статическое растяжение; 2 — чистый изгиб; 3—6 — изгиб с растяжением при нагрузке 51,15, 41,15, 31,15 и 21,15 Н соответственно; 7 — исходный образец

Изгибу с растяжением соответствуют кривые 3, 4, 5, 6. Кривые изменения твёрдости в пределе приближаются к кривой 2, соответствующей нагружению чистым изгибом.

Чистая работа разрушения образцов с учётом диссипации системы при движении в воздухе составили: 1,69 Дж (51,15 Н); 2,288 Дж (41,15 Н); 2,81 Дж (31,15 Н); 3,032 Дж (21,15 Н).

В скобках указано усилие с которым растягивали образец при изгибе, эквивалентное силе тяжести конструкции маятника с грузом.

Предполагая, что работа разрушения пропорциональна плотности дислокаций, возникающих в образце под действием внутренних напряжений, а напряжения в свою очередь есть суть реакции на внешнее силовое воздействие оценим удельную работу на создание критической плотности дислокаций в непосредственной близости от плоскости разрушения. При этом, учитывая тот факт, что плотность дислокаций пропорциональна микротвёрдости поверхности, воспользуемся результатами экспериментов и обобщенными данными, представленными на рис. 2. Интегрированием определим площадь ограничения кривыми 1—6, 7 и I-I и полученные результаты для единичной площади (объёма) отнесем к работе разрушения соответствующих образцов. Так как образцы представляют собой ленту — допустимо считать, что по толщине образца плотность дислокаций постоянна, что позволяет по сути перейти от объёма к поверхности.

Значения удельной работы разрушения отнесённые к плотности дислокаций выраженной через значение микротвёрдости поверхности в зоне разрушения можно считать величиной постоянной в пределах точности эксперимента и составляет 0,023 Дж, что не противоречит теории энергоресурса и кинетики разрушения [2, 3].

Данный вывод позволяет с позиции энергетического подхода к разрушению, оценивать энергоресурс через предельную плотность дислокаций, а остаточный ресурс оценивать по результатам мониторинга микротвёрдости в опасных сечениях деталей или конструкций. Возможно решение и обратной задачи: экспериментальное определение потенциально опасных сечений по локализации областей повышенной микротвёрдости поверхностей.

В качестве выводов можно отметить:

- величина твёрдости образца подверженного нагружению изменяется в соответствии с перфорацией образца и определяется накоплением нарушений в его структуре;
- накопление нарушений (дислокаций) в образце уменьшается с удалением от плоскости разрушения, что связано с перераспределением напряжений по длине образца под действием внешних нагрузок
- величина твёрдости образца в районе плоскости разрушения не зависит от способа его разрушения и определяется предельной величиной нарушений (дислокаций) в материале образца.

Список литературы:

1. Звонарёв И.Е., Иванов С.Л., Фокин А.С. К экспериментальной оценке энергоресурса элементов трансмиссий машин / Современные проблемы машиностроения: труды VI Международной научно-технической конференции / Томский политехнический университет, 2011 / с. 77—80.
2. Ибатуллин И.Д. Кинетика усталостной повреждаемости и разрушения поверхностных слоев: монография / И.Д. Ибатуллин. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2008. 387 с.
3. Иванов С.Л. Повышение ресурса трансмиссий горных машин на основе оценки энергонагруженности их элементов. СПб.: РИЦ СПГИ(ТУ), 1999. — 92 с.
4. Латвин Ф.Л., Фуэтнеси А., Занзи К., Понтиджиа М. Проектирование, формообразование и анализ напряжённого состояния двух разновидностей плоскоколёсных передач // Передачи и трансмиссии. 2004. № 1.

СЕКЦИЯ 6.

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ ПРИ СОЗДАНИИ МОРОЗОСТОЙКИХ РЕЗИН УПЛОТНИТЕЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Соколова Марина Дмитриевна

*канд. техн. наук, вед. науч. сотр., ИПНГ СО РАН, доцент СВФУ,
г. Якутск*

E-mail: Marsokol@mail.ru

Давыдова Мария Ларионовна

*канд. техн. наук, ст. науч. сотр. ИПНГ СО РАН, доцент СВФУ,
г. Якутск*

E-mail: mlar80@mail.ru

Шадрин Николай Викторович

мл. науч. сотр. ИПНГ СО РАН, вед. инж. СВФУ, г. Якутск

E-mail: Nshadrinoff@yandex.ru

APPLICATION OF NATURAL ZEOLITES AT CREATION OF COLD-RESISTANT RUBBERS OF SEALING APPOINTMENT

Marina Sokolova

PhD, leader researcher IOGP SB RAS, Senior lecturer NEFU, Yakutsk

Mariya Davidova

PhD, senior researcher IOGP SB RAS, Senior lecturer NEFU, Yakutsk

Nicolay Shadrinov

Junior researcher IOGP SB RAS, Leader engineer NEFU, Yakutsk

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты разработки уплотнительных резин на основе морозостойких каучуков для техники, эксплуатирующейся в северных условиях. Для повышения эксплуатационных свойств материалов предложена модификация резин активированными в планетарной мельнице АГО-2 природными цеолитами.

ABSTRACT

Results of development of sealing rubbers on the basis of cold-resistant rubbers for the equipment which is exploiting in northern conditions are presented. For increase of operational properties of materials modifying of rubbers by the natural zeolites activated in planetary mill AGO-2 is offered.

Ключевые слова: уплотнительные материалы; эксплуатационные свойства; эластомеры; природные цеолиты; механохимическая активация; морозостойкость.

Keywords: sealing materials; operational properties; elastomers; natural zeolites; mechanical activation; frost resistance.

Исследования надежности и практика эксплуатации техники в арктической зоне РФ показывают, что до 30 % отказов и простоев для проведения ремонтных работ обусловлены неисправностями многочисленных эластомерных уплотнительных устройств [3]. Основными причинами существующего положения являются недостаточная морозостойкость деталей вследствие неправильного выбора эластомерной основы или снижение низкотемпературных характеристик материала при совместном воздействии климатических и эксплуатационных факторов. Данные факты свидетельствуют о необходимости первоочередного решения проблемы повышения технических характеристик применяемых материалов.

Перспективным направлением разработки новых морозостойких эластомерных материалов является создание материалов на основе смесей полимеров. Существенное отличие полимерных систем от классических коллоидных заключается в образовании переходного (межфазного) слоя между двумя смешиваемыми полимерами. Чаще всего именно благодаря переходному слою проявляются преимущества смесевых композиций, когда в одном материале не только сочетаются свойства исходных полимеров, но появляются и новые. Поэтому проблема улучшения взаимодействия на границе раздела фаз выделилась в одно из важнейших направлений в развитии науки о смесях полимеров [4]. Одним из способов разрешения этой

проблема является введение в совмещаемые полимеры структурно-активных добавок, которые позволяют активизировать взаимодействие на границе раздела фаз и создают, таким образом, возможность создавать смеси с заданной фазовой структурой.

В представляемой работе в качестве эластомерной основы использовали резиновую смесь В-14 на основе бутадиен-нитрильного каучука. В качестве полимерного модификатора резин использовали сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ) со средневязкостной молекулярной массой 3,9 млн. СВМПЭ со степенью кристалличности (50 %) меньшей, чем у серийного полиэтилена низкого давления ПЭНД (72 %) имеет более высокие прочностные, агрессивостойкие, триботехнические и морозостойкие характеристики за счет более развитого межмолекулярного взаимодействия, связанного с увеличением длины макромолекул [5]. В качестве структурно-активных добавок, вводимых в полимерную смесь, выбраны механоактивированные природные цеолиты.

Природные цеолиты представляют собой каркасные алюмосиликаты, во внутрикристаллическом пространстве которых размещены обменные катионы щелочных и щелочноземельных металлов и молекулы воды. В кристаллах цеолитов имеется разветвленная система пор и каналов молекулярного размера, что обуславливает их высокую адсорбционную способность и возможность применения в различных отраслях промышленности [10, 6].

Цеолиты предварительно измельчали в мельницах-активаторах АГО-2С, которые разработаны в Институте химии твердого тела и механохимии СО РАН (г. Новосибирск, Россия) и представляют высокоэффективные планетарные центробежные мельницы, позволяющие диспергировать материал до ультрадисперсного состояния, а также получать новые соединения механохимическим синтезом [1].

Исследования основных эксплуатационных характеристик резин на основе БНКС-18, СВМПЭ и природного цеолита показали правомерность использования предварительно механоактивированного цеолита в качестве структурно-активной добавки полимерной композиции, т. к. физико-механические характеристики, морозоизносо-маслостойкие свойства композиции с активированным цеолитом имеют более высокие значения, чем композиции с неактивированным цеолитом (табл. 1).

Таблица 1.

Физико-механические свойства модифицированных резин

Материал	f_{100} , МПа	f_p , МПа	ϵ_p , %	Q, %	ΔV , см ³	K_m -45° С
В-14	4,7	11,6	215	5,27	0,218	0,644
В-14+10%(СВМПЭ+ 2 % акт. цеол.)	7,3	10,5	250	2,08	0,151	0,687
В-14+10%(СВМПЭ+ 2 % неакт. цеол.)	7,2	9,8	223	2,57	0,183	0,612

f_{100} , МПа — условное напряжение при 100% удлинении; f_p , МПа — условная прочность; ϵ_p , % — относительное удлинение; ΔQ , % — степень набухания в среде гидравлического масла ИА-50А; ΔV , см³ — объемный износ; K_m — коэффициент морозостойкости при — 45° С.

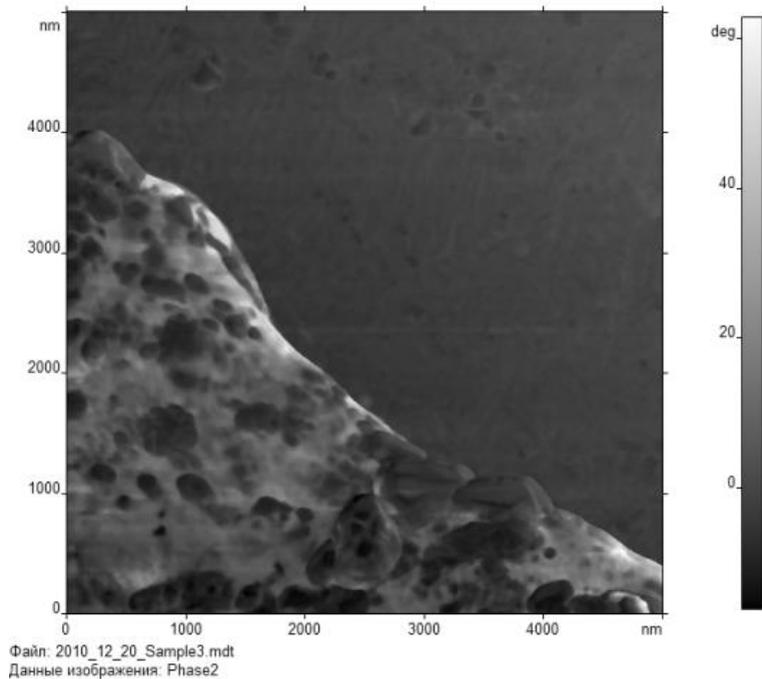
Так, относительное удлинение выше на 27% при сопоставимых значениях условного напряжения и условной прочности, износостойкость при абразивном износе — на 21 %, маслостойкость в среде масла И-50А — на 19 % и морозостойкость — на 11 %.

Для оценки поверхностной энергии в различных фазах полимерэластомерного материала с помощью АСМ спектроскопии снимали силовые кривые, из которых можно получить информацию о значении силы адгезии в конкретных зонах [2]. Установлено, что введение механоактивированного цеолита, преимущественно локализованного на частицах СВМПЭ и на границе раздела полимерных фаз, привело к значительному повышению поверхностной энергии СВМПЭ и, соответственно, к уменьшению разницы в значениях силы адгезии на поверхностях СВМПЭ и эластомерной матрицы (табл. 3). Таким образом, выбранный компатибилизатор способствует выравниванию поверхностной энергии в полимерэластомерном композите и образованию более развитого переходного слоя (рис. 1), что и явилось причиной улучшения эксплуатационных свойств материала (табл. 1).

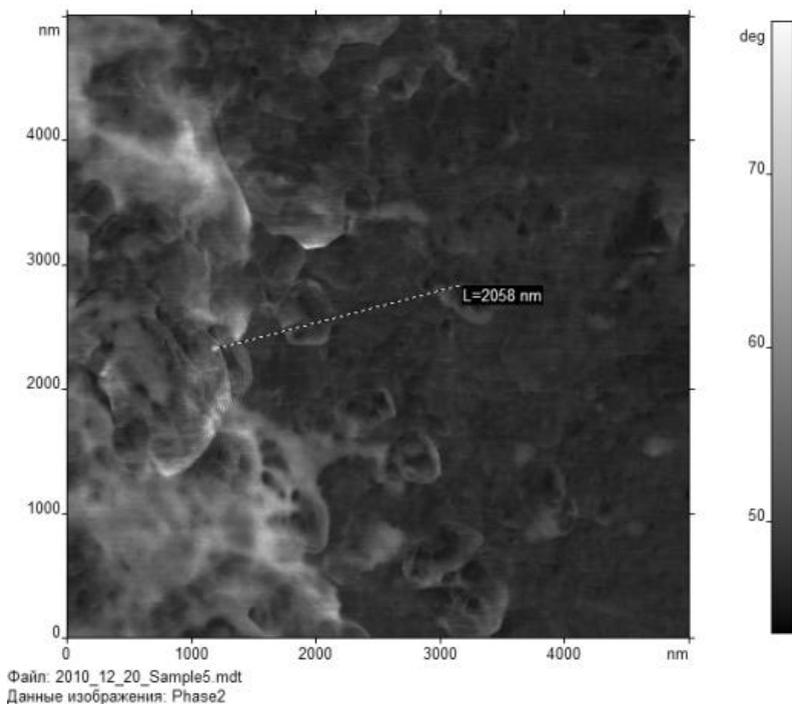
Таблица 2.

Сила адгезии в различных зонах полимерэластомерного композита

Материал		Сила адгезии (нН) на поверхности:		
		СВМПЭ	Эластомерная матрица	Межфазная граница
БНКС-18+10 %СВМПЭ		1,29	2,84	-
БНКС-18+10 %(СВМПЭ +5 % цеолит)	Неактивированный	1,66	2,59	2,94
	Активированный	2,45	3,06	3,99



а



б

Рисунок 1. Изображение фазового контраста БНК-18/СВМПЭ (а) и БНК-18/(СВМПЭ + акт. цеолит), размер скана АСМ 5х5 мкм.

В результате измерения силы адгезии методом АСМ в различных зонах полимерэластомерного нанокомпозита выявлено влияние механоактивации на характер распределения поверхностной энергии в полимерэластомерных нанокомпозитах (рис. 2). Исследования показали, что при использовании предварительной механоактивации цеолита разброс показателей поверхностной энергии становится меньше, что свидетельствует о его лучшем распределении в полимерном объеме. Наиболее ярко этот эффект наблюдается в зоне СВМПЭ, поскольку цеолит локализуется на поверхности СВМПЭ и в зоне межфазного слоя, что достигнуто технологическими способами введения цеолита [7].

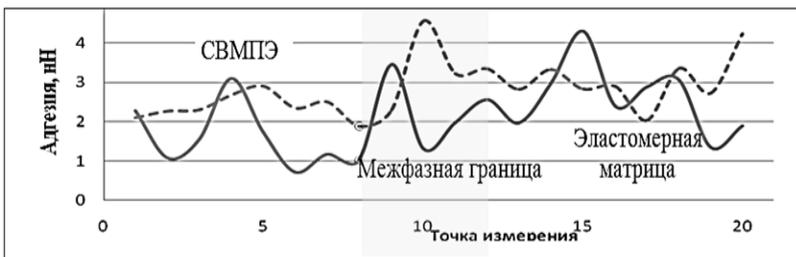


Рисунок 2. График зависимости силы адгезии от локализации измерения полимерэластомерных нанокмпозитов на основе БНКС-18 и СВМПЭ с активированным (сплошная линия) и неактивированным цеолитом (пунктирная линия)

Таким образом, механизм действия рассмотренных добавок при их введении в исследованные резины связан с интенсификацией взаимодействия между эластомером и активированными цеолитами. Спецификой введения цеолитов в резины является их активное участие в образовании пространственной сетки химических связей при вулканизации резин, а также адсорбционное взаимодействие минералов и пластификаторов или других ингредиентов резиновых смесей, обусловленное неравновесным характером состояния частиц, нескомпенсированностью связей у значительной части атомов в поверхностных слоях [1, 9]. Все это позволяет охарактеризовать природные цеолиты как эффективный полифункциональный модификатор эластомерных материалов.

В результате исследования получены разнообразные резины, превосходящие по своим свойствам серийные материалы уплотнительного назначения. Улучшение свойств достигается за счет применения современных механохимических технологий и дает значительный эффект при относительно небольших затратах. На разработанные рецептуры резин получен патент РФ [8]. Данные резины работоспособны в широком интервале температур, обладают высоким уровнем маслостойкости и морозостойкости, низкими значениями остаточной деформации сжатия, высокой эластичностью как при высоких, так и при низких температурах. Уплотнения из новых рецептур резин внедрены на промышленных предприятиях, осуществляющих свою деятельность в условиях северных регионов.

Список литературы:

1. Авакумов Е.Г.. Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука. 1986. — 304 с.
2. Большакова А.В., Киселёва О.И., Никонорова Н.И., Яминский И.В. Сканирующая зондовая микроскопия блок-сополимеров: Лабораторный практикум кафедры. М.: ООО НПП «Центр перспективных технологий», 2007. — С. 12—14.
3. Ишков А.М., Кузьминов М.А., Зудов Г.Ю. Теория и практика надежности техники в условиях Севера / Отв. ред. В.П. Ларионов. Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН». 2004. 313 с.
4. Кулезнев В.Н. Смеси полимеров. М.: Химия, 1980.
5. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен. Обз. инф. серия: Химическая промышленность. Производство и применение полимеризационных пластмасс. М.: НИИТЭХИМ, 1982. — 28 с.
6. Сендеров Э.Э., Петрова В.В. Современное состояние проблемы природных цеолитов. М: ВИНТИ. Т. 8. 1990. — 142 с.
7. Соколова М.Д., Давыдова М.Л., Шадрин Н.В. Морозостойкие композиты на основе бутадиен-нитрильного каучука, сверхвысокомолекулярного полиэтилена и природного цеолита // Материаловедение. — 2010. — № 5. — С. 40—45.
8. Соколова М.Д., Ларионова М.Л., Биклибаева Р.Ф., Попов С.Н., Морова Л.Я., Адрианова О.А.. Патент № 2326903 С1 РФ, (51) МПК С08L 9/02. Цеолитосодержащая морозостойкая резиновая смесь / — № 2006131397/04 заявлено 31.08.2006; опубликовано 20.06.2008, Бюл. № 17. — 4 с.
9. Титорский И.А., Скловский М.Д. Межфазные явления в полимерных композитах. Москва: ЦНИИТЭнефтехим. 1994. — 100 с.
10. Челищев Н.Ф., Беренштейн Б.Г., Володин В.Ф. Цеолиты — новый тип минерального сырья. М: Москва. 1987. — 176 с.

СЕКЦИЯ 7.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ОБЖИГЕ КЕРАМИЧЕКИХ ИЗДЕЛИЙ В ТУННЕЛЬНЫХ ПЕЧАХ СОВЕТСКОГО ТИПА

Ахмеднабиев Расул Магомедович

канд. техн. наук, доцент ПНТУ, г. Полтава

E-mail: arasul49@mail.ru

Колиенко Анатолий Григорьевич

канд. техн. наук, профессор, ПНТУ, г. Полтава

ENERGY SAVING WITH KERAMIC FIRING IN THE TUNNEL KILNS OF THE SOVIET TYPE

Rasul Akhmednabiyev

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of PNTU, Poltava

Anatoliy Colienko

Candidate of Technical Sciences, Professor of PNTU, Poltava

АННОТАЦИЯ

Целью исследований было изыскание возможности снижения расхода газа при обжиге стеновой керамики. Разработаны мероприятия по реконструкции туннельных печей, приведены соответствующие теплотехнические расчеты. Капиталовложения на реконструкцию печи окупаются за полгода, КПД печи повышается на 100 %, экономия газа до 3 млн. м³ в год.

ABSTRACT

The aim was to explore the possibility of reducing the consumption of natural gas during the firing wall ceramic. Actions on the reconstruction of tunnel kilns, heat engineering calculations are appropriate. Investment for reconstruction oven recouped in six months, the efficiency furnaces increased by 100 %, the gas savings of up to 3 million m³ per year.

Ключевые слова: туннельная печь; снижение расхода природного газа; теплотехнические расчеты; совершенствование печи.

Keywords: Tunnel kiln; reducing consumption of natural gas; thermal engineering calculations; improved stoves.

На территории бывшего СССР много кирпичных заводов, на которых обжиг изделий ведут в туннельных печах старого типа. Расход газа в этих печах колеблется в пределах 220—300 м³ на 1000 шт. условного кирпича, или 80...100 м³ на 1 т продукции, в то время как на заводах стран ЕС расход газа в два раза меньше. В связи с возрастанием стоимости теплоносителей, становится актуальным исследование возможности снижения расхода топлива при производстве строительных материалов [1]. С целью оценки потери тепла и разработки мероприятий по снижению расхода теплоносителей, нами исследована туннельная печь для обжига керамических стеновых материалов производительностью 26 млн. шт. условного кирпича в год, построенная по типовому проекту 409-21-13, тип 1 на газовом топливе [3]. При разработке мероприятий за основу была принята схема утилизации тепла печи, разработанная немецкой фирмой «Keller GmbH» [2].

Общая длина печи — 120 м, зона подогрева — 42 м; зона обжига — 30 м; зона охлаждения — 48 м. Количество горелок — 22 шт. Продолжительность обжига — 48 ч. Рециркуляции продуктов сгорания и воздушных завес в момент исследования отсутствуют. Отбор дымовых газов осуществляется на первой позиции сверху. Масса печной вагонетки тв = 2200 кг., 3000 шт. кирпичей.

Для определения величины потерь теплоты через ограждающие конструкции печи были определены коэффициенты теплопередачи для стен и свода в разных частях печи по зависимости:

$$K=1/[(1/\alpha_{в})+\Sigma(\delta_i/\lambda_i)+(1/\alpha_{н})], \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С},$$

где $\alpha_{в}$ — коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности ограждения печи. величина $\alpha_{в}=17 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$;

δ_i — толщина слоев конструкции стены, м;

λ_i — коэффициент теплопроводности материала стены;

$\alpha_{н}$ — коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности ограждения. При скорости ветра $v=5\text{ м/с}$, $\alpha_{н}=28 \text{ Вт/м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$.

Определение величины теплового потока, который проходит через ограждения (потерь теплоты в окружающую среду) осуществлялось по зависимости:

$$Q_{ср}=K \cdot F \cdot (t_{в}-t_{н}), \text{ ккал/ч},$$

где F — поверхность ограждения;

$t_{в}$ — температура среды в объеме печи, $^\circ\text{С}$;

$t_{н}$ — температура среды, принята по величине средней температуры отопительного периода, $t_{н}=0^\circ\text{С}$.

Потери теплоты в окружающую среду через ограждающие конструкции приведены в таблице 1:

Таблица 1.

Теплопотери через ограждающие конструкции печи

№п/п	Наименование параметров	Величина параметра для разных ограждений		
		Стены	Свод	Пол
	Потери теплоты в окружающую среду, ккал/ч:			
	• в зоне нагрева	140250	47880	8400
	• в зоне обжига	103142	123500	42000
	• в зоне охлаждения	206856	52416	48000
	Общие потери теплоты в окружающую среду — 772444 ккал/ч.			

По результатам исследований нами разработаны энергосберегающие мероприятия для внедрения на производстве и приведены в таблице 2 и на рис. 1.

Таблица 2.

Мероприятия по снижению энергозатрат в туннельных печах

№ п/п	Наименование мероприятий	Экономический эффект внедрения	
		тыс. м ³ прир. газа	млн. грн. Т=2,7 грн за 1 м ³ газа
1	Теплоизоляция печи — установление дополнительной тепловой изоляции базальтовой ватой толщиной 0,05 м и обшивкой профилированными настилами.	348,5	0,906
2	Монтаж системы рециркуляции продуктов сгорания в зоне подогрева	839,5	2,22
3	Монтаж воздушной завесы между зоной обжига и охлаждения	799,9	1,9
4	Установление системы подачи холодного воздуха в зону охлаждения. Монтаж системы локализации теплого воздуха и транспортирование его к сушилкам.	950,4	1,9
5	Установка вентилятора для отбора продуктов сгорания из зоны обжига и теплообменника для нагревания воздуха для горелок и подачи нагретого воздуха в зону подогрева печи. Монтаж системы воздуховодов для подачи воздуха на горелки и в зону подогрева. Монтаж теплообменника	419,7	0,891
6	ВСЕГО:	3358,1	8,73

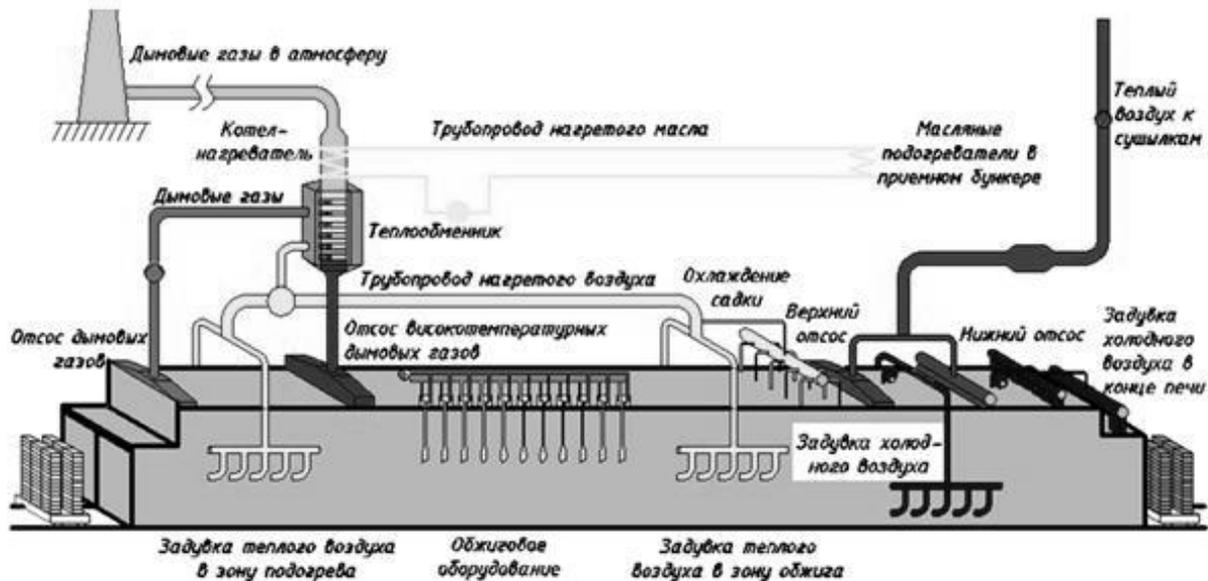


Рисунок 1. Схема использования теплоты печи

Для сравнения изменения расхода топлива и технико-экономических показателей печи были рассчитаны тепловые балансы печи по известной зависимости:

$$Q_{\text{топ}} + Q'_{\text{ваг}} + Q_{\text{сыр}} + Q_{\text{возд}} = Q_{\text{пол}} + Q_{\text{отх.газ}} + Q''_{\text{ваг}} + Q_{\text{кирп}} + Q_{\text{окр.ср}};$$

где $Q_{\text{топ}}$ — теплота, которая поступает в результате сгорания топлива — природного газа;

$Q'_{\text{ваг}}$ — физическая теплота, которая поступает с вагонеткой, массой 2200 кг;

$Q_{\text{сыр}}$ — физическая теплота, которая поступает с сырыми необожженными кирпичами массой 11520 кг/ваг;

$Q_{\text{возд}}$ — физическая теплота, которая поступает с нагретым воздухом;

$Q_{\text{пол}}$ — полезная теплота, которая была расходована на нагревание, обжиг кирпичей и нагревание вагонетки, определяется при условии, что температура кирпича и вагонетки на выходе из печи не должны превышать $+50^{\circ}\text{C}$. Определяется по формуле:

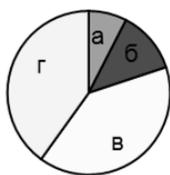
$$Q_{\text{пол}} = (m_{\text{ваг}} + m_{\text{кирп}}) \cdot c \cdot t_{\text{вых}},$$

где c — средняя теплоемкость вагонетки и кирпичей, $c = 0,22$ ккал/кг·гр;

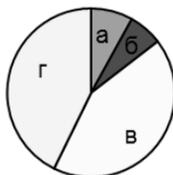
$Q_{\text{отх.газ}}$ — потери теплоты с отходящими газами, которые образуются в зоне обжига при сжигании природного газа, определяется по зависимости:

$$Q_{\text{отх.газ}} = [P_{\text{пр}}(1 + \lambda \cdot V_{\text{T}}) c_{\text{отх.газ}} \cdot (t_{\text{отх}} - 170)] k_{\text{эф}},$$

Ниже приведены диаграммы (рис. 2) тепловых балансов печи на разных стадиях внедрения этапов модернизации. Диаграммы дают возможность проанализировать структуры составляющих теплового баланса и величин КПД печи при условии внедрения энергосберегающих мероприятий, приведенных в таблице 2.



1)



2)



3)

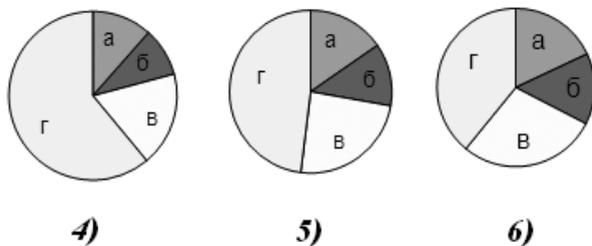


Рисунок 2. Диаграммы изменения теплотехнических параметров печи. 1) в существующем состоянии; 2) после теплоизоляции стен; 3) после внедрения рециркуляции продуктов сгорания в зоне подогрева; 4) после внедрения воздушных завес или теплообменников; 5) после внедрения системы утилизации теплоты охлаждения кирпичей и вагонеток; 6) после внедрения системы охлаждения кирпичей и вагонеток и устройства теплоизоляции трубопроводов. а — полезное количество теплоты для технологического процесса обжига; б — потери теплоты в окружающую среду через ограждающие конструкции; в — потери теплоты с отходящими газами; г — потери теплоты с нагретыми кирпичами

Выводы

1. При существующем состоянии туннельная печь характеризуется значительными расходами топлива на производство кирпичей и низким коэффициентом полезного действия, что объясняется следующими причинами:

- низкие теплозащитные характеристики ограждающих конструкций печи, что способствует значительными потерями теплоты в окружающую среду.
- отсутствие систем рециркуляции продуктов сгорания и воздушных завес, что существенно снижает эффективность использования теплоты продуктов сгорания топлива в печи.
- отсутствие утилизации теплоты обожженной продукции и вагонеток, которая составляет приблизительно 40 % в тепловом балансе печи. Указанная теплота теряется безвозвратно, что существенно ухудшает теплотехническую эффективность печи.

2. Повышение эффективности работы туннельной печи предлагается осуществить за счет внедрения ряда энергосберегающих мероприятий изложенных в таблице.

3. Общая годовая эффективность внедрения мероприятий составляет 2540 тыс. грн., срок окупаемости 0,5 года.

4. По результатам внедрения энергосберегающих мероприятий КПД печи увеличить с 7,6 % до 18 %, а расход газа снижается в два раза и составляет 130 м³ на 1000 шт. условного кирпича.

Список литературы:

1. Вагин Г.Я., Лоскутов А.Б. Экономия энергии в промышленности. НГТУ, Н.Новгород, 1998. — 220 с.
2. Рекламный буклет фирмы «Keller GmbH». 2004. — 34 с.
3. Типовой проект печи для обжига керамики производительностью 26 млн. шт. условного кирпича в год 409-21-13 . 1974. — 76 с.

ПРАКТИКА СООРУЖЕНИЯ ПЕРЕХОДОВ ЧЕРЕЗ ВОДНЫЕ ПРЕГРАДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВ УОЗР И УЗМП

Багдасарян Эдуард Патваканович

генеральный директор, ООО «Нефтегазстройкомплект-В», г. Москва

Романов Валентин Дмитриевич

технолог, ООО «Нефтегазстройкомплект-В», г. Москва

Решетников Александр Данович

д-р техн. наук, заместитель директора экспертно-аналитического центра ОАО «Оргэнергогаз», г. Москва

PRACTICE OF THE CONSTRUCTION OF TRANSITIONS THROUGH WATER BARRIERS WITH USE OF DEVICES УОЗР AND УЗМП

Edward Bagdasaryan

director general, JSC Neftegazstroykomplekt-V, Moscow

Valentin Romanov

Technologist, JSC Neftegazstroykomplekt-V, Moscow

Alexander Reshetnikov

*Dr of Techn. Sciences, deputy director of the expert and analytical center
JSC Orgenergogaz, Moscow*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены бестраншейные методы сооружения подводных переходов трубопроводов — расширением пробуренных скважин, наклонно- и горизонтально направленным бурением или микротоннелированием, даны их преимущества.

Представлен метод тоннелирования при сооружении подводного перехода через р. Нева с использованием опорно-защитных роликовых устройств, а также устройства для защиты межтрубного пространства.

ABSTRACT

In article bestransheyiny methods of a construction of underwater transitions of pipelines — expansion of the drilled wells, the inclined and horizontally directed drilling or a mikrotonnelirovaniye are considered, their advantages are offered.

The tonnelirovaniye method is presented at a construction of underwater transition through the Neva River with use of basic and protective roller devices, and also devices for protection of intertrumpet space.

Ключевые слова: Трубопровод; подводный переход; опорно-защитное роликовое устройство; устройство для защиты трубного устройства; протаскивание; тяговое усилие.

Keywords: The pipeline; underwater transition; the basic and protective roller device; the device for protection of the trumpet device; dragging; traction effort.

Согласно СН и П2.05.06-85 к водным переходам относятся переходы через реки, водохранилища, каналы, озера, пруды, ручьи, протоки и болота.

В практике сооружения подводных переходов магистральных трубопроводов через водные преграды все большее распространение получают бестраншейные методы строительства.

Сооружение подводных переходов способом расширения пробуренных скважин раскатчиком, наклонно; горизонтально — направленным бурением или микротоннелированием применяется в случаях технической и экономической целесообразности. Очевидно, что бестраншейные способы строительства подводных переходов конкурируют прежде всего с траншейным методом прокладки [2].

К основным преимуществам можно отнести следующее:

- большая надежность сооружаемого объекта;
- сокращение эксплуатационных затрат;
- сокращение сроков строительства;
- круглогодичности производства работ;
- экологическая чистота строительства;
- сокращение материалоемкости объекта за счет исключения балластировки.

Технология бестраншейных методов строительства не является дешевой. Хотя денежные и особенно временные затраты значительно экономятся на стадии строительства, основная экономия от их применения лежит в долгосрочной перспективе, в чем позволяет убедиться сравнительный анализ сооружения подводных переходов трубопроводов траншейным и бестраншейными методами.

В 2010 г. на Северо-Европейском газопроводе на участке Грязовец-Выборг (км 597 — км 917) методом микротоннелирования были сооружены два перехода через р. Неву и Сайменский канал.

Микротоннелирование — это щитовая проходка пород с укреплением стенок тоннеля особо прочными и долговечными железобетонными трубами, которые продавливаются из стартовой шахты мощной пресс — рамой, оборудованной домкратами, вслед за продвигающимися в породах проходческим щитом. После продавливания щита на длину одной железобетонной трубы её помещают перед пресс — рамой и вдавливают в разработанное отверстие тоннеля. Далее процесс повторяется.

Для уменьшения сил трения при вдавливании и прохождении железобетонного ствола по разбуренному штреку через специальные форсунки, размещенные в теле трубы, впрессовывается бетонитовая паста нужной консистенции. Нарращивая трубу за трубой, проходку ведут до выхода щита в приемную шахту.

Точность проходки и соблюдение расчетных радиусов кривизны тоннеля обеспечивается компьютерным комплексом управления и высокоточной измерительной лазерной техникой. Управление технологическим процессом ведется из специального помещения.

Сооружение перехода через р. Неву проводился ОАО «Сварочно-монтажным трестом». Объект представлял собой бетонную тоннель с наружным диаметром 2500 мм и толщиной стенки 250 мм, в которую протягивался рабочий трубопровод диаметром 1420 мм и толщиной стенки 25,8 мм. Рабочий трубопровод состоял из плетей длиной 2500 мм.

Для строительства перехода разработаны рекомендации использованию опорно-защитных роликовых устройств типа УОЗР и устройств для защиты межтрубного пространства типа УЗМП [1].

Длина перехода через р. Неву составляла 751,532 м (на рис. 1 показана схема установки устройств УОЗР.М), причем использовались 393 шт. устройств УЗОР.М.3.3.1420 (2500x250), (рис. 2), и 16 шт. устройств УОЗР.М.4.3.1420 (2500x250) (рис. 3).

На этом переходе были задействованы 12 трубоукладчиков марки «CATERPILLAR» группоподъемностью 60 тс и тяговая лебедка 200 тс (рисунки 4, 5 и 6).

Были проведены испытания:

- на прочность — давлением 150 МПа;
- на герметичность — давлением 100 МПа;
- продолжительность — испытаний — 12 час.

Сооружение выполнено в полном объеме и в соответствии с действующими нормами, правилами и проектом.

Сооружение переходов под водными преградами при большой их длине, при наличии криволинейных участков, а также в исполнении тоннельного варианта прокладки рабочего трубопровода выдвинуло принципиально новые требования к технологии сооружения переходов и, в частности, по защите межтрубного пространства.

Из-за больших диаметров бетонного тоннеля, более 2-х метров, затруднено изготовление главного уплотнения гибкой конусообразной диафрагмы. Кроме того, из-за больших зазоров между рабочим трубопроводом диаметром 1420 мм и внутренним диаметром бетонного тоннеля 2000 мм (зазор по радиусу составил 290 мм) с целью рационального конструктивного исполнения опорно-защитных роликовых устройств типа УОЗР их пришлось располагать совместно с рабочим трубопроводом эксцентрично относительно бетонного тоннеля, что тоже затруднило установку устройств для защиты межтрубного пространства.

Для решения этой технической задачи предлагался один из вариантов устройств УЗМП устройство УЗМП.Т (рис. 7), для установки на бетонных тоннелях.

Устройство, рисунок 4, для прокладки рабочего трубопровода в бетонном тоннеле содержит диск с кольцом 1, который центрируется относительно рабочего трубопровода по закладной 2, расположенной на торце бетонного тоннеля и к которой приваривается диск с кольцом герметичным швом. На диске имеются два ряда отверстий для установки болтов М12 и М16, на которых крепится прокладка резиновая 3 и фланец 4. На фланце крепится диафрагма внутренняя 5 и наружная 6 с помощью кольца 7 с выступами и приваренными к нему болтами 8 и 9, и наружным кольцом 10, а также защитный кожух подковообразного вида 11. Для крепления диафрагм на рабочем трубопроводе используют хомуты — стяжки 12.

Для более надежной защиты межтрубного пространства в местах крепления диафрагм на рабочем трубопроводе промазывают герметиком по всему периметру трубопровода.

Все размеры в метрах

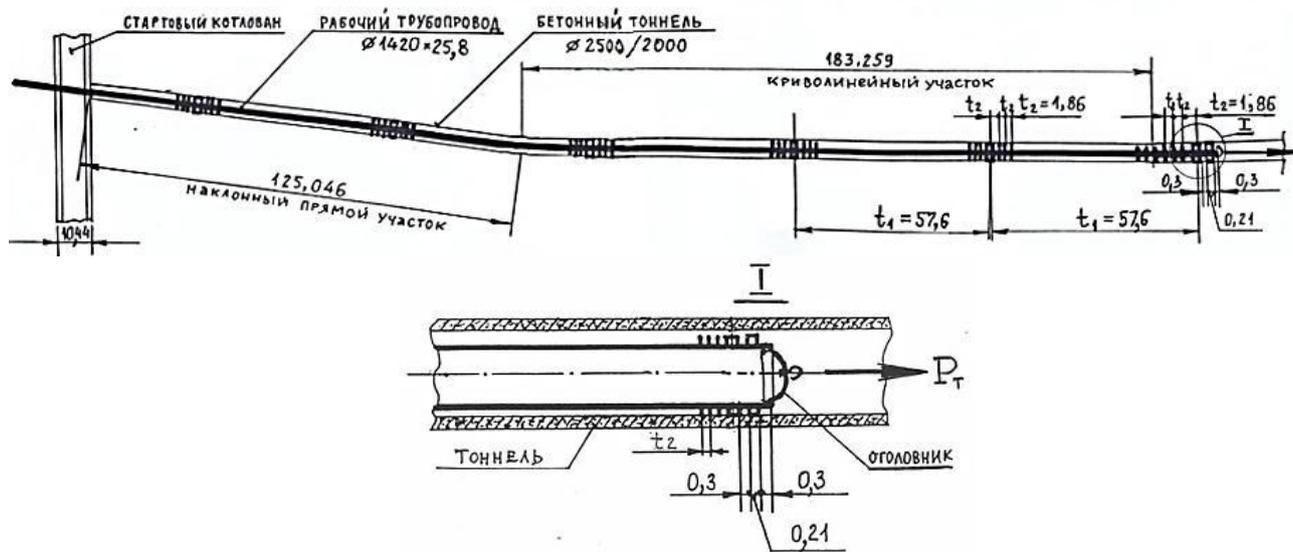


Рисунок 1. Схема протягивания рабочего трубопровода в бетонном тоннеле на переходе через р. Неву на участке Грязовец-Выборг (597—917 км) Северо-Европейского газопровода

Условные обозначения:

■ — устройства УОЗР.М.3.3.1420(2500x250) — 393 шт.

□ — устройства УОЗР.М.4.3.720(2500x250) — 16 шт.

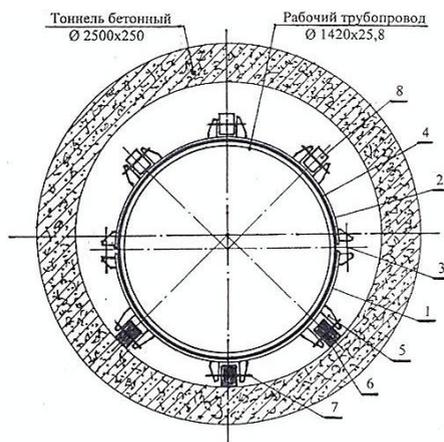


Рисунок 2. Схема устройства УОЗР.М.3.3.1.1420 (2500x250) с тремя опорными роликами. 1 — нижний полухомут; 2 — верхний полухомут; 3 — болтовое соединение; 4 — прокладка резиновая; 5 — стойка; 6 — ролик опорный; 7 — ось; 8 — ролик защитный

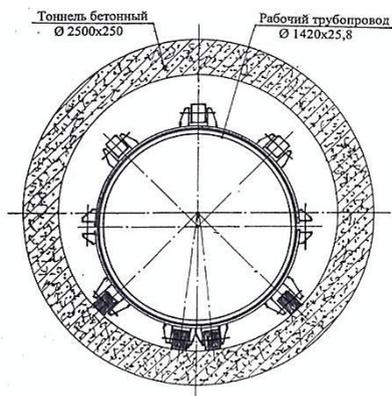


Рисунок 3. Схема устройства УОЗР.М.4.3.1420 (2500x250)



Рисунок 4. Начало протягивания рабочего трубопровода на переходе через р. Неву



Рисунок 5. Нарращивание рабочего трубопровода очередной плетью



Рисунок 6. Расположение рабочего трубопровода в спусковой дорожке

Фактическое расположение рабочего трубопровода относительно внутреннего диаметра бетонного тоннеля на входе и выходе из него определялось после протаскивания его в тоннеле, после чего выставлялся диск с кольцом 1 по закладной 2 относительно рабочего трубопровода и приваривался к ней.

При сооружении перехода через Сайменский канал (рис. 8) перед началом монтажа рабочего трубопровода необходимо произвести следующие дополнительные подготовительные работы:

- обустроить проезжую часть вдоль спусковой дорожки слева или справа, в зависимости от расположения строительной площадки, для прохода строительной техники, осуществляющей монтажные работы;
- в зоне приемного котлована (рис. 9), на его дне уложить подкладку из шпал под рабочий трубопровод: верхний уровень подкладки должен быть ниже отметки лотка (29,856);

- в зоне спусковой дорожки установить две роликовые опоры на одном уровне;
- на всех сваренных звеньях ($L=54\text{м}$) нанести непрерывные линии по образующей трубы, которые в дальнейшем будут служить ориентиром установки верхнего защитного ролика;
- на всех звеньях нанести разметки с интервалом по 5 м по возрастающей, начиная с первого звена; эти отметки будут служить ориентиром при протаскивании рабочего трубопровода в бетонном тоннеле;
- в стартовом котловане установить лебедку для затягивания рабочего трубопровода в тоннель.

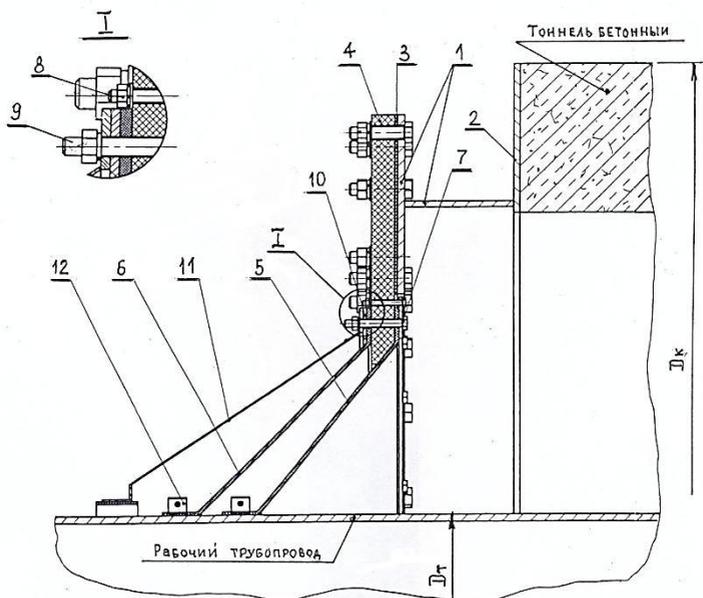


Рисунок 7. Устройство для защиты межтрубного пространства при сооружении переходов в бетонном тоннеле, УЗМП.Т.1420(200x250). 1 — диск с кольцом; 2 — деталь закладная; 3 — прокладка резиновая; 4 — фланец; 5 — диафрагма внутренняя; 6 — диафрагма наружная; 7 — кольцо внутреннее; 8 — болт для крепления кольца; 9 — болт для крепления диафрагм; 10 — кольцо наружное; 11 — кожух; 12 — хомут-стяжка

Таким образом, осуществляется надежная защита межтрубного пространства от проникновения в него воды и других загрязнений.

На каждое сваренное звено, расположенное в накопителе строительной площадки, закрепляют опорно-защитные роликовые устройства типа УОЗР с пошаговой расстановкой согласно проекту 6545.095.012.23.14.11.00.00 (рис. 10).

Болтовые соединения полуколец устройств УОЗР.М необходимо затягивать динамометрическим ключом с максимальным моментом затяжки 5 кг · м (усилие на ключе 20 кг, длина ключа 24 см).

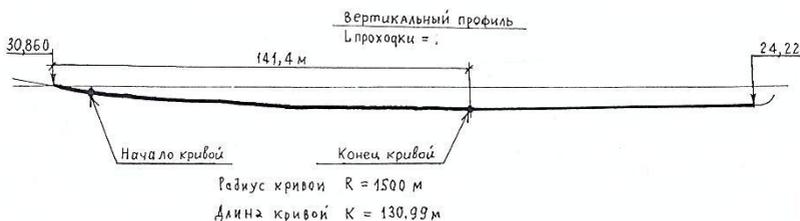
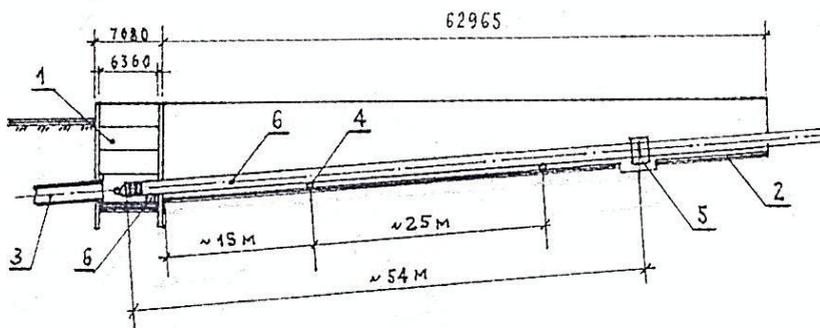


Рисунок 8. Переход через Сайменский канал на км 855 Северо-Европейский газопровода участок Грязовец — Выборг (км 597 — км 917)



**Рисунок 9. Схема монтажа звеньев рабочего трубопровода.
1 — приемный котлован; 2 — спусковая дорожка; 3 — тоннель Ø2500/2000; 4 — роликоопора; 5 — место стыковки и сварки; 6 — подкладка из шпал; 7 — звено из труб**

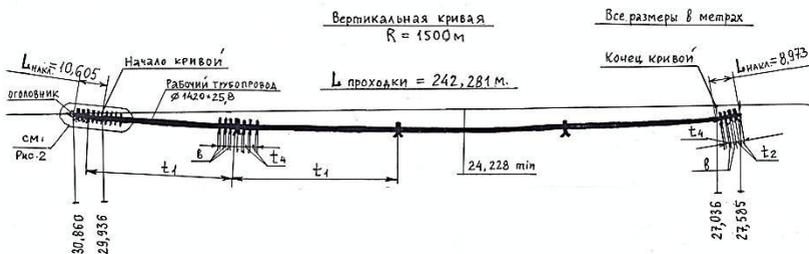


Рисунок 10. Схема протягивания рабочего трубопровода в бетонном тоннеле на переходе через Сайменский канал на км 855 на участке Грязовец — Выборг Северо-Европейского газопровода

Условные обозначения:

— устройство УОЗР.М.4.3.1420(2500x250) — 8 шт.

— устройство УОЗР.М.3.3.1420(2500x250) — 123 шт.

$b=0;21$ м; $t_1=60$ м; $t_2=0,2$; $t_3=0,73$ м; $t_4=1,79$ м.

На переднем конце первого звена должен быть приварен оголовник с блоком и закреплены устройства УОЗР.М, которые должны располагаться согласно рисунка 10. Опорные и защитные ролики устройств УОЗР.М должны располагаться на одной образующей по длине звена и всего рабочего трубопровода. Первое звено с помощью трубукладчиков, 3÷4 единицы, помещают на спусковую дорожку таким образом, чтобы передний конец звена разместился в зоне стартового котлована, рисунок 9. Звено опускают на роликовые опоры спусковой дорожки, между которыми могут быть расположены дополнительные подставки из шпал. Задний конец звена для страховки сползания звена заанкеривают на «удавку» с помощью бульдозера или другим способом. На оголовник через блок устанавливают трос от лебедки, установленной в стартовом котловане. К установленному звену подводят следующее звено, стыкуют с предыдущим и производят сварку стыка, контроль сварки и изоляции стыка. После сварки и контроля стыка плет с помощью трубукладчиков заталкивают в тоннель, при этом подкладка из шпал из-под рабочего трубопровода убирается, пока конец плети не достигнет места стыковки и сварки. При протаскивании плети нижние опорные ролики устройств УОЗР не должны касаться роликовых опор и подкладок, установленных на спусковой дорожке. Установка следующего звена см. выше. Таким образом, размещают весь рабочий

трубопровод в тоннеле. После размещения рабочего трубопровода в тоннеле с двух сторон устанавливают устройства защиты межтрубного пространства типа УЗМП.Т (см. переход через р. Неву).

В процессе монтажа рабочего трубопровода после каждой стыковки очередного звена обязательно страховать плетъ от её сползания заанкериванием на «удавку» с помощью бульдозера или другим способом. В процессе протягивания рабочего трубопровода в тоннеле лебедка должна работать в режиме «выбора троса». В течение всего времени протягивания должна быть обеспечена непрерывная радиосвязь между приемным и стартовым котлованом.

В заключении следует отметить, что использование устройств опорно-защитных роликовых типа УОЗР позволило:

- сократить время сборки устройств и протаскивания рабочего трубопровода в защитном кожухе;
- сократить количество используемых грузоподъемных механизмов;
- значительно уменьшить тяговое усилие при протаскивании рабочей плети;
- преодолевать беспрепятственно внутренние сварные стыки кожуха благодаря наличию роликовых опор, изготовленных из диэлектрического материала;
- избежать повреждений изоляционного покрытия рабочего трубопровода при протаскивании в защитный кожух;
- избежать контакта «кожух-труба» благодаря наличию горизонтальных и вертикальных защитных элементов, диэлектрических роликовых опор и увеличению зазора между рабочим трубопроводом и защитным кожухом.

Использование устройств типа УЗМП позволило надежно защитить межтрубное пространство от проникновения воды и других жидких сред.

Список литературы:

1. Багдасарян Э.П., Романов В.Д., Бойко Ю.Я., Карташян В.Э., Велиулин И.И., Решетников А.Д. Использование опорно-защитных роликовых устройств и опорно-позиционирующих колец на переходах под авто и железными дорогами: научно-технический сборник. М: ООО «ИРЦ Газпром», 2008, № 2 — С. 50—57. — транспорт и подземное хранение газа.
2. Сальников А.В., Зорин В.П., Агиней Р.В. Методы строительства подводных переходов газонефтепроводов на реках Печорского бассейна: учеб. Пособие. Ухта: УГТУ, 2008 — 108 с.

СЕКЦИЯ 8.

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧИСТКИ ТЕТРАЭТОКСИСИЛАНА ВОДНЫМ РАСТВОРОМ АММИАКА

Беляев Евгений Александрович

аспирант, ФГУП «ИРЕА», г. Москва

E-mail: belyaev.ea@gmail.com

STUDY OF TETRAETHOXYSILANE PURIFICATION BY AQUEOUS AMMONIA

Evgeny Belyaev

Postgraduate FGUP «IREA», Moscow

АННОТАЦИЯ

Изучен процесс очистки тетраэтоксисилана водным раствором аммиака. Исследована зависимость наличия примесей от продолжительности проведения процесса. Выяснено, что необходимая степень чистоты тетраэтоксисилана достигается через 10 минут. Описан механизм очистки тетраэтоксисилана от микропримесей.

ABSTRACT

Process of tetraethoxysilane purification by aqueous ammonia been studied. Process duration dependence on impurities amount been discovered. Found out that required tetraethoxysilane purity reached in 10 minutes. Mechanism of tetraethoxysilane purification been described.

Ключевые слова: тетраэтоксисилан; очистка; раствор аммиака.

Keywords: tetraethoxysilane; cleaning; ammonia solution.

В [2] была показана целесообразность обработки кремнеэтилового эфира слабым водным раствором аммиака в соотношении по объему эфир: аммиак = 5:1. Предполагалось, что помимо сорбции примесей на развитой поверхности осадка поликремневой кислоты,

происходит и экстракция в водную фазу растворимых в ней примесей. Однако не был изучен вклад каждого процесса в суммарный эффект очистки и их кинетические характеристики. Поэтому была предпринята попытка прежде всего определить возможный механизм процесса, установить лимитирующие стадии, что, безусловно, позволило бы выявить скрытые возможности метода.

Исследования проводились на опытной установке, состоящей из реактора с пропеллерной мешалкой, двух емкостей с исходными продуктами: тетраэтоксисиланом и 0,5 % аммиачной водой и обслуживающей схемы управления процессом. Процесс осуществлялся при последовательной подаче исходных компонентов в реактор в соотношении ТЭОС:вода 5:1. Время перемешивания измерялось от 5 до 30 минут. Учитывая, что тетраэтоксисилан и вода представляют собой гетерогенную систему, для создания необходимых условий гомогенизации смеси перемешивание осуществлялось пропеллерной мешалкой (280 об/мин). При включении мешалки наблюдалось мгновенное образование мелкодисперсных частиц продуктов гидролиза тетраэтоксисилана, превращающихся через 7—10 минут в крупные хлопьевидные частицы. После окончания перемешивания происходило расслаивание системы: верхний слой — тетраэтоксисилан, нижний слой — вода, осадок — гель поликремневых кислот — находился в среднем слое на границе фаз эфир — вода.

Были проведены две серии экспериментов. В первом случае при постоянном числе оборотов пропеллерной мешалки изменялось продолжительность перемешивания пробы эфира, водной и твердой фаз для анализа отбирались после определенного промежутка времени расслаивания. Во второй серии опытов пробы отбирались непосредственно во время перемешивания. Разделение фаз в отобранной пробе проводили центрифугированием (3000 об/мин). Анализ эфира, водной и твердой фаз на содержание микропримесей проводился химико-спектральным методом. Согласно полученным экспериментальным данным зависимости содержания примесей металлов в ТЭОС о времени перемешивания видно, что переход примесей из эфира происходит довольно быстро: в первые 5—10 минут независимо от условий отбора проб. Концентрация примесей таких элементов, как медь, марганец, никель, свинец, олово, хром практически достигает постоянного уровня $3—5 \cdot 10^{-7}$ % масс. Уже в первые пять минут. Примеси, в основном, концентрируются в твердой фазе и, в меньшей степени, переходят в водную фазу за счет экстракции. Примечательно, что глубина очистки не зависит от числа

операций по обработке ТЭОС водным раствором аммиака. Для подтверждения полученных результатов на примере распределения между фазами примесей железа и хрома был применен метод радиоактивных индикаторов.

В качестве «меченных» атомов были использованы изотопы Fe^{59} и Cr^{51} . Радиоактивный индикатор вводился в таком количестве, что содержание микропримеси железа и хрома в исходном эфире существенно не изменялось ($\text{Fe } 5 \cdot 10^{-3} \% \text{ масс.}$, $5 \cdot 10^{-5} \% \text{ масс.}$). Присутствие микропримесей в пробах определялось радиометрически.

Индикатор железо-59 вводился и исходный тетраэтоксисилан в виде растворов FeCl_3 в тетраэтоксисилане или в абсолютном спирте; индикатор хром-51 — в виде растворов CrCl_3 в тетраэтоксисилане Na_2CrO_4 в этиловом спирте. После загрузки компонентов качественно определялось распределение микропримеси (введенной активности), которое было равномерным по всему объему. Во время перемешивания отбирались пробы на радиометрический анализ через 1,3,5,10,20 минут от начала перемешивания. Используемая радиометрическая установка позволяла измерять предельную величину активности:

для $\text{Fe } A_{\min} = 4 \cdot 10^{-3}$ мк кюри, для $\text{Cr } A_{\min} = 8 \cdot 10^{-3}$ мк кюри.

Как следует из результатов исследований, микропримесь железа концентрируется в твердой фазе осадка и, в меньшей степени, в водной фазе, а сам процесс очистки уже завершается в первую минуту перемешивания. Микропримесь хрома практически не обнаруживается в тетраэтоксисилане. В целом, полученные данные подтверждают предыдущие выводы о распределении примесей между фазами.

Определенный интерес представляет установление характера связи микропримесей с твердой фазой, что позволило бы приблизиться к оценке механизма очистки тетраэтоксисилана. Для исследования осадка были использованы ИК-спектроскопия и химический метод послойного растворения селективными растворителями. Интерес представляет анализ полосы поглощения 960 см^{-1} , которую можно рассматривать как состоящую из двух полос поглощения: полосы 950 см^{-1} , относимой [8] к валентным колебаниям связи Si-OH , и полосы $940\text{-}960 \text{ см}^{-1}$, ответственной за валентные колебания связи Si-O(Me) . После термообработки осадка при температуре выше 1000°C полоса, связанная с колебаниями связи Si-O(H) , должна была исчезнуть [3]. Однако в анализируемых образцах полоса в области 960 см^{-1} после прокалки имела место, хотя интенсивность ее несколько

уменьшилась. Таким образом, полосу поглощения с частотой 960 см^{-1} в данном случае следует считать ответственной за колебания связи Si-O(Me). К сожалению, разделить полосы поглощения с отнесением их к конкретной связи Si-OfFe, Si-OTi и т. д. невозможно, т. к. все они лежат в одной области и к тому же индивидуальная концентрация их недостаточно велика, чтобы найти отражение в спектре.

В качестве объектов исследования по второму методу были взяты два осадка: «активный», полученный в процессе очистки тетраэтоксисилана с введением в систему железа-59, и обычный без введения активного железа, что позволило использовать химико-спектральный метод для количественной оценки перехода примесей (вымывания) в растворитель. Осадки предварительно высушивались при комнатной температуре, и определенные навески обрабатывались водой, водным раствором аммиака, соляной и плавиковой кислотами, этиловым спиртом, ацетоном и т. д. Для выяснения характера связи микропримесей с кремнекислородной основой осадка определялся переход микропримесей в жидкую фазу радиометрическим и химико-спектральными методами.

При исследовании «активного» осадка в качестве растворителей были использованы: вода, этиловый спирт, ацетон, водно-спиртовая смесь, водные растворы аммиака и соляной кислоты. Важно отметить, что во всех случаях активность твердой фазы до и после контакта с раствором не изменялась в пределах точности измерений ($\pm 10\%$). Микропримесь железа не переходит в жидкую фазу в случае обработки «активного» осадка ацетоном и слабо переходит при обработке этиловым спиртом и водно-спиртовой смесью. Заметное увеличение активности жидкой фазы наблюдается при обработке осадка водой (при нагревании), водным раствором аммиака, соляной кислотой. Используя жидкости по их способности извлечения микропримесей из осадка можно расположить в ряд: $\text{NH}_4\text{OH} > \text{HCl} > \text{H}_2\text{O}_{(10)} > \text{EtOH} > \text{CH}_3\text{COCH}_3$. Некоторый переход активности в спиртовую фазу говорит о том, что часть микропримесей железа слабо связана с кремнекислородной основой осадка и находится на поверхности осадка в сорбированном состоянии. Последнее согласуется с данными работ [7, 11].

Результаты обработки растворителями обычного осадка также подтверждают факт перехода примесей, например, железа и титана в жидкую фазу. С увеличением времени контакта или при повторных операциях переход микропримесей происходит в меньшей степени или количество их остается неизменным по сравнению с начальным.

Для подтверждения характера распределения микропримесей по объему осадка определяли содержание SiO_2 в растворах и рассчитывали количество микропримесей, перешедших в раствор, при условии равномерного распределения их в твердой фазе. Содержание в растворах микропримесей железа и титана намного больше по сравнению с расчетными данными.

Анализ приведенных данных дает основание предполагать о неравномерности распределения примесей в объеме осадка и неоднотипном характере связи примеси и осадка. Неравномерность распределения примесей в осадке на примере железа, титана подтверждают также результаты исследований по переходу последних в раствор плавиковой кислоты.

Таким образом, исходя из полученных данных, можно сделать вывод о высокой потенциальной эффективности метода очистки тетраэтоксисилана водным раствором аммиака, обусловленной тремя параллельно протекающими процессами: экстракцией, соосаждением и сорбцией. Показано, что микропримесь в основном концентрируется в твердой фазе. Примеси железа и титана распределены по объему твердой фазы несколько неравномерно, а именно, на поверхности их концентрация выше, и эта часть микропримеси слабо связана с кремнекислородной основой осадка. Большая же часть микропримеси железа, титана как и примеси других элементов (алюминий, магний, хром, никель, свинец, олово и др.), весьма прочно связана с основой осадка. Принимая во внимание склонность перечисленных элементов образовывать при совместном осаждении с поликремневыми кислотами прочные металлосиликагели [1, 4—6, 9—10], можно говорить об изоморфном нахождении примеси в структуре кремнекислородной основы твердой фазы, то есть переход микропримесей в данном случае определяется химическим взаимодействием соединений микропримесей и образующихся поликремневых кислот с образованием связи Si-O-Me и лишь в небольшой степени — сорбцией поверхностного осадка [13]. Подобная трактовка механизма очистки тетраэтоксисилана предопределяет основных технологические факторы, лимитирующие процессы экстракции, соосаждения и сорбции.

Список литературы:

1. Алексеева Н.П., Душина А.П. Взаимодействие ионов меди с однородно-пористыми силикагелями различной удельной поверхности и пористости. Коллоидн. ж., 1969, т. 31, № 4, с. 483—486.

2. Волков В.Л., Кафыров М.И. и др.// Разработка промышленной технологии получения аморфной гранулированной двуокиси кремния осч как сырья для изготовления кварцевых изделий, применяемых в промышленности особо чистых веществ, за период 1967—1971 гг. (Отчет)/ ИРЕА; М., 1972. — 275 с.
3. Глазкова Н.А. Инфракрасные спектры различных форм кремнезема. Автореф. Дисс. к.ф.-м.н. Минск, 1961. — 165 с.
4. Душина А.П., Алесковский В.Б. О связи процесса сорбции ионов металлов силикагелем с растворимостью образующихся сорбционных соединений. — Ж. общей химии, 1968, т. 38, № 7, с. 1419—1427.
5. Душина А.П., Алесковский В.Б., Кондрашева А.Л. Взаимодействие ионов кальция с силикагелем и алюмосиликагелями. — Ж. прикл. химии, 1968 № 9, с. 1939—1946.
6. Душина А.П., Алесковский В.Б., Смирнова М.Ф. Сорбция ионов магния силикагелем из аммиачного буферного раствора. — Ж. прикл. химии, 1968, т. 41, № 8, с. 1730—1736.
7. Жуковская А.С. Применение этанола при выделении натрия-22 из циклотронных мишеней. — Радиохимия, 1965, т. 7, № 1, с. 125—129.
8. Зусева Н.А., Шевяков А.М. Исследование реакции кремнекислоты с ионами тяжелых металлов методом ИК-спектроскопии. — Ж.прикл.спектроск., 1965, т. 2, вып. 6, с. 510—514.
9. Иванова В.П., Душина А.П., Смирнова М.Ф. Исследование продуктов сорбции ионов магния силикагелем. — Изв. АН СССР, неорг.материалы, 1969, т. 5, № 10, с. 1853—1855.
10. Кондрашева А.Л., Душина А.П., Алесковский В.Б. Изучение сорбции алюминия поилкромневой кислотой из ацетатного буферного раствора. — Неорг. материалы, 1965, № 5, с. 2155—2158.
11. Руденко Н.П., Жуковская А.С. Применение неводных растворителей при выделении радиоактивных изотопов методом осаждения и выщелачивания. — Изв. Сиб.отд. АН СССР, сер.хим.н., 1965, № 11, вып. 3, с. 28—32.
12. Рябенко Е.А., Кузнецов А.И., Тимакова О.П. и др. О глубокой очистке тетраэтоксисилана водным раствором аммиака. Сб.: Реактивы и особо чистые вещества. М: ИРЕА, 1974, с. 160—163.
13. Рябенко Е.А., Кузнецов А.И., Шалумов Б.З. и др. О распределении примесей между фазами при глубокой очистке тетраэтоксисилана раствором аммиака. — Ж. прикл. химии., 1977, т. 50, № 7, с. 1625—1627.

СЕКЦИЯ 9.
ТЕХНОЛОГИЯ
ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

ВИТАМИНИЗАЦИЯ ГАЗИРОВАННОГО
СЛАБОАЛКОГОЛЬНОГО НАПИТКА

Паленков Илья Александрович

*магистр стандартизации и сертификации пищевой промышленности,
ФГБОУ Омский Государственный Аграрный Университет
им. П.А. Столыпина г. Омск
E-mail: komp.80@mail.ru*

VITAMINIZATION OF CARBONATED LOW-ALCOHOL
BEVERAGE

Palenkov Ilya Aleksandrovich

*Master of food industry standardization and certification,
Omsk State Agrarian University, Omsk*

АННОТАЦИЯ

Здоровье молодого поколения страны стало важнейшей общенациональной проблемой. Имеющиеся опыт свидетельствует о том, что в современных условиях наиболее целесообразный способ улучшения обеспеченности организма молодого человека витаминами — это витаминизация напитков популярных среди молодёжи до уровня соответствующего физиологическим потребностям организма. В результате витаминизация слабоалкогольных напитков может способствовать привлечению новых потребителей из числа заботящихся о своём здоровье.

ABSTRACT

Health of younger generation in the country has become the national problem nowadays. As we know, the most appropriate way of better supplying with vitamins of youngsters today is vitaminization of popular among young people drinks up to their physiological requirements.

As a result, vitaminization of low-alcohol beverages may lead to new consumer engaging especially those who care about their health.

Ключевые слова: витамины; слабоалкогольные напитки.

Keywords: vitamins; low-alcohol beverage.

Среди пищевых веществ, необходимым для нормального обеспечения жизненно важных функций организма, особая роль принадлежит витаминам.

В настоящее время глубокие витаминные дефициты (авитаминозы) встречаются редко. Вместе с тем проблема оптимального обеспечения населения витаминами далека от своего решения, о чем свидетельствует широкое распространение скрытых витаминных недостаточностей: гиповитаминозов и маргинальных состояний. Согласно данным института питания РАМН, дефицит аскорбиновой кислоты в пище различных групп населения России составляет от 25 % до 75 %, витаминов группы В от 20 % до 60 %. В отдельных регионах страны этот дефицит выражен более сильно.

Субнормальное потребление витаминов отрицательно сказывается на здоровье человека: снижает работоспособность, сопротивляемость простудным и инфекционным заболеваниям, усиливает воздействие на организм человека вредных факторов окружающей среды, усиливает потери рабочего времени и производительные расходы по нетрудоспособности что, в целом приводит к неоправданным социальным и экономическим потерям [1, 2].

В рамках реализации концепции государственной политике в области здорового питания, одобренной постановлением Правительства Российской Федерации от 10.08.1998 г. № 917 (собрание законодательства РФ, 1998 г., № 34, ст 4083) и постановлением Правительства Российской Федерации от 05.10.1999 г. № 1119 «О мерах по профилактике заболеваний, связанных с дефицитом йода» (собрание законодательства РФ 1999 г, № 42, ст. 5037) в последние годы проведены масштабные эпидемиологические исследования структуры питания населения.

Полученные результаты подтверждают широкое распространение дефицита микронутриентов — витаминов, макро и микро элементов (железо, йод, селен, кальций, фтор и др.) у большей части детского и взрослого населения.

Недостаточное поступление микронутриентов в юношеском возрасте отрицательно сказывается на показателях физического развития и является одной из причин постепенного развития обменных нарушений и хронических заболеваний.

В условиях современного общества рациональным и эффективным путем улучшения витаминной обеспеченности населения является дополнительное обогащение витаминами пищевых продуктов [3, 4].

С учетом того, что в последнее время широкой популярностью стали пользоваться слабоалкогольные напитки, особенно среди молодежи, возникла потребность в улучшении качества в поиске способов повышения биологической ценности напитка. Витаминизация слабоалкогольных напитков позволяет значительно повысить суточную потребность в витаминах, что является актуальной проблемой на сегодняшний день.

С медико-биологической точки зрения для обогащения продуктов питания следует использовать микронутриенты, необходимые для нормальной жизнедеятельности организма, дефицит которых имеет место.

Особую актуальность указанные вопросы приобретают для населения промышленных регионов Сибири и Дальнего Востока, учитывая высокую концентрацию производительных сил, дефицит высококачественных продуктов питания, напряженную экологическую обстановку и особые климатические условия.

Вкусовые качества напитка зависят не только от вкусовых качеств входящих в них продуктов, но и от их состава и соотношения. Качество напитка всегда будет выше если правильно, с учетом специфичности готового продукта, подобрано сырьё. Отсюда ясно, какое большое значение имеет рецептурный набор продуктов [5].

В связи с выше сказанным на кафедре стандартизации и сертификации пищевых продуктов ФГБОУ Омский государственный аграрный университет проводятся исследования по внесению витаминных комплексов в рецептуру слабоалкогольного напитка на ООО Ликеро-водочном предприятии «ОША», а также разработка и введение нового стандарта организации для новых напитков. Рецептура витаминизированного слабоалкогольного напитка представлена в таблице 1.

В ходе разработки данной рецептуры напитка решались следующие задачи:

- создание напитка универсального употребления с возможностью употребления как молодежи так и взрослого населения;
- соответствие напитка принципам здорового питания, функциональности и образу «идеального напитка», отвечающего ожиданиям целевой аудитории;
- создание оптимальных органолептических характеристик;

- простота и технологичность производства, востребованность на рынке;
- низкая себестоимость и высокая конкурентоспособность.

Таблица 1.

Рецептура рассчитанная на 1000,00 дм³ готового напитка

Наименование сырья	Содержание сырья в напитке		Содержание сухих в напитке		Содержание безводного этилового спирта в сырье	
	Ед.	Кол-во	% масс.	кг	% об.	дм ³
Сахар	кг	80,0	99,85	79,88	-	-
Лимонная кислота	кг	2,46	90,97	2,24	-	-
Ароматизатор идентичный натуральному	кг	1,0	-	-	-	-
Натрия бензоат	кг	0,15	99,9	0,15	-	-
Спирт этиловый ректификованный «Экстра»	дм ³	90,34	-	-	96,30	87,00
Двуокись углерода	кг	4,15	-	-	-	-
Витаминный премикс «Делер»	кг	0,28	99,9	0,28	-	-
Вода	дм ³	до 1000,0				
Итого сухих веществ в свежеприготовленном напитке	кг	-	-	82,55	-	-
Прирост сухих веществ за счет 100 % инверсии сахарозы	кг	-	-	4,2	-	-
Всего сухих веществ в полностью инвертированном напитке	кг	-	-	86,47	-	-
Всего безводного этилового спирта в напитке	дм ³	-	-	-	-	87,00

В ходе исследования был подобран основной состав напитков слабоалкогольных торговой марки Jolly Joker, со вкусами: апельсина, винограда, граната, джин-тоника, клюквы, коньяка и миндаля, лимона, мартини, текилы и лайма и фейхоа. В качестве подслащающих агентов был выбран сахар, являющийся быстроусвояемым углеводом.

При выборе витаминно-минерального комплекса руководствовались рекомендациями Всемирной организации здравоохранения, методическими рекомендациями «Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ» МР 2.3.1.1950-04 от 02.07.2004 г. Требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01, а также требованиям ЕврАзЭС «Единые санитарно-эпидемиологические и гигиенические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю)».

В таблице 2 указан состав витаминно-минерального премикса компании «Делер», вносимого в напиток и его характеристика. Аскорбиновая кислота вносится отдельно.

Порция напитка объемом 250 см³, обогащенного данным витаминным премиксом, обеспечивает около 25 % от рекомендуемой дневной нормы потребления витаминов.

При расчете закладки премикса учитывали возможные потери витаминов при хранении.

В качестве регуляторов кислотности использовали лимонную кислоту, в качестве консерванта — бензонат натрия. Применение консерванта явилось вынужденной мерой и обусловлено наличием в составе напитка углеводов сахарозы. Невозможностью пастеризации готовых напитков так как в их составе имеются витамины, в том числе термически нестабильный витамин С.

Допускается замена ингредиентов (концентратов, амортизаторов и красителей) на аналогичные ингредиенты того же типа (с подобными органолептическими характеристиками), разрешенные к применению органами Роспотребнадзора, в соответствии с рекомендуемыми нормами по их применению. Допускается увеличение или уменьшение до $\pm 20\%$ от рекомендуемых норм по данной рецептуре ароматических пищевкусковых добавок. Соотношение, в котором производится замена, а так же увеличение или уменьшение дозировки ароматизаторов и красителей должно быть подтверждено дегустационной комиссией ООО ЛВЗ «ОША».

Таблица 2.

Состав витаминно-минерального премикса и функциональные характеристики витаминов.

Витамин	Суточная норма мг/сут.	мг в 250 см³ напитка	% от суточной нормы в 250 см³ напитка	Роль витамина в процессе жизнедеятельности человека
В ₆	2,0	0,5	25	Кофермент в метаболизме аминокислот и др.
В ₅	5	1,5	30	Участвует в синтезе АТФ, в жировом и углеводном обмене, образовании половых гормонов
РР (ниацин)	20	4,5	22	Посредник метаболизма участвует в жировом обмене и обеспечении организма энергией и др.
В ₉	0,4	0,15	37	Необходим для деления клеток, роста и развития всех органов и тканей; защищает клетки и ткани организма от повреждающего действия активных пероксидных радикалов, физического и эмоционального напряжения и др.
С (лимонная кислота)	90	60	66	Антиоксидант, участвует в метаболизме химических процессов, стимулирует защитные системы организма, укрепляет иммунную систему, способствует выведению чужеродных веществ, улучшает усвоение железа, замедляет старение организма.
В ₁ (тиамин)	1,5	0,35	23	Участвует в углеводном обмене и обеспечении энергией нервной и мышечной системы, обеспечивает профилактику, обеспечивает профилактику заболеваний ЦНС, дистрофии миокарда, дерматозов и др.

Список литературы:

1. Банщикова Т.Н. Безалкогольные напитки. К.: Реклама, 1987. — 96 с.
2. Ермолаева Г.А. Технология и оборудование производства пива и безалкогольных напитков. М.: 2000. — 424 с.
3. Новые напитки лечебно-профилактического назначения на основе растительных антиоксидантов дальнего востока / Н.В. Бабий, Пеков Д.Б. // Пиво и напитки. — № 3. — 2009. — С. 16—18.
4. Обогащение слабоалкогольных напитков витаминами / М.Ю. Ибрагимова // Пиво и напитки. — № 6. — 2006. — С. 8—10.
5. Технология солода, пива и безалкогольных напитков / К.А. Калуняц, В.Л. Яровенко, В.А. Додарецкий, Р.А. Колчева. М.: Колос, 1992 — 446 с.

СЕКЦИЯ 10.

ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ХОЛОДНОЙ ГИБКИ ТРУБ ИЗ НЕРЖАВЕЮЩИХ И ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Козлов Александр Васильевич

*научный руководитель, д-р техн. наук, профессор, филиал ФГБОУ
ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Златоусте*

E-mail: kozlov@zb-susu.ru

Бобылев Андрей Викторович

*канд. техн. наук, доцент, филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ)
в г. Златоусте*

E-mail: bavzlatoust@mail.ru

Халиулин Евгений Велемьянович

*соискатель, машиностроительный факультет
филиал ФГБОУ ВПО «ЮУрГУ» (НИУ) в г. Златоусте*

E-mail: evgen7778777@gmail.com

CHECK OF POSSIBILITY COLD ARE FLEXIBLE PIPES FROM CORROSION-PROOF AND TITANIC ALLOYS

Alexander Kozlov

*research supervisor, Dr. Tech. sciences, professor, branch FGBOU of VPO
"YuURGU" (NIU) in. Silver-tongued orator*

Andrey Bobilev

*Cand. Tech. sciences, assistant professor, branch FGBOU of VPO
"YuURGU" (NIU) in. Silver-tongued orator*

Evgeny Haliulin

*competitor, machine-building faculty branch FGBOU of VPO "YuURGU"
(NIU) in. Silver-tongued orator*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены проблемы возможности холодной гибки труб из нержавеющей и титановых сплавов. Проанализированы характерные особенности холодной гибки, которые в значительной степени зависят от основных механических свойств материала изгибаемой трубы (на примере холодной гибки трубы из титанового сплава). Выявлена и обоснована необходимость совместного использования труб из титановых и нержавеющей сплавов. На основе проведенного исследования автором предлагается выделить главное достоинство холодной гибки тонкостенной трубы из титанового сплава — образование гофр не наблюдалось, овальность — в пределах 5 %.

ABSTRACT

This article problems of possibility cold are considered are flexible pipes from corrosion-proof and titanic alloys. Characteristics of the cold are analysed are flexible, which substantially depend on the main mechanical properties of a material of a bent pipe (on an example of the cold pipes from a titanic alloy are flexible). Need of sharing of pipes from titanic and corrosion-proof alloys is revealed and proved. On the basis of the carried-out research by the author it is offered to allocate the main advantage cold are flexible a thin-walled pipe from a titanic alloy — education гофр wasn't observed, ovality — within 5 %.

Ключевые слова: холодная гибка труб; предел текучести; механические свойства материала; раскатной инструмент; титановые сплавы.

Keywords: the cold is flexible pipes; fluidity limit; mechanical properties of a material; raskatny tool; titanic alloys.

Криволинейные участки трубопроводов широко применяются в народном хозяйстве в качестве пологих отводов для магистральных и локальных трубопроводов: отводы гнутые ТУ 102-488-95, отводы гнутые ТУ 51-515-91, отводы гнутые ГОСТ 24950-81 и др. Еще более часто применяются крутозагнутые отводы: отводы крутозагнутые ГОСТ 17375-2001, калачи, утки и др. Особенно в большом объеме они используются в газовой и нефтяной промышленности, в коммунальном хозяйстве, химической промышленности, атомной промышленности, авиа- и ракетостроении, автомобиле- и тракторостроении. Технологические трубопроводы на промышленных объектах соединяют между собой технологические

аппараты и машины. Основные характеристики пологих и крутозагнутых отводов приведены в табл. 1 и на рис. 1 [2].

Как показывает анализ наиболее распространенных методов гибки труб для изготовления криволинейных трубопроводов необходимо обеспечить существенное снижение изгибаемого усилия [2].

Таблица 1.

Основные характеристики пологих и крутозагнутых отводов

Параметры	Значение
Рабочее давление PN (P_p)	До 32,0 МПа
Наружный диаметр D	32—530 мм
Температура t, °C	От -72° до +650°
Уголгиба, град	15, 30, 45, 60, 90
Угол поворота	От 15° до 90°
Радиусгиба K	От 2 до 5 D_v
Толщина стенки S	От 6,0 до 40,0 мм
Материал	12X18H10T, 08X18H10T, 15X5M, 10X17H13M2T

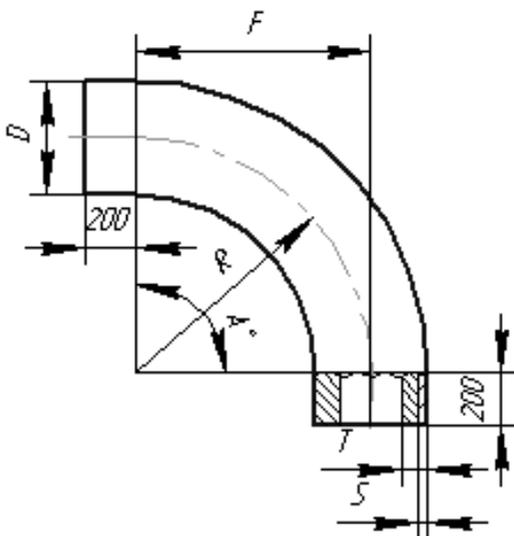
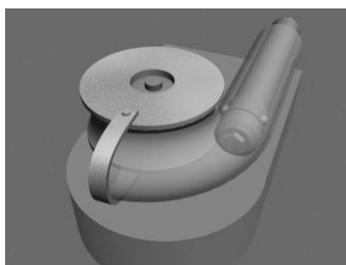


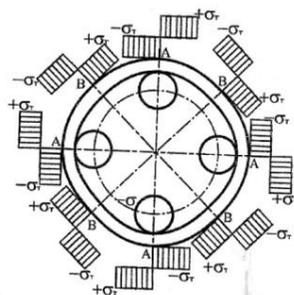
Рисунок 1. Отвод гнутый ТУ 51-515-91 и крутозагнутый ГОСТ 17375-2001 и их основные характеристики

К недостаткам большинства существующих способов снижения усилий при гибке относится то, что они очень энергоемки и требуют применения сложного дорогостоящего оборудования, что снижает эффективность их применения. Кроме того, не исключается потеря устойчивости в зонегиба, что приводит к деформации формы поперечного сечения трубы, а в ряде случаев к ее разрушению. В случаях, когда работы связаны с нагревом или переохлаждением работ, снижается безопасность работ.

Технология, разработанная в ЮУрГУ, устраняет многие из перечисленных недостатков. Сущность этой технологии [4] заключается в следующем. При вращении ω_2 раскатника (рис. 2 а), заведенного в трубу с достаточно большим натягом, в каждой точке кольцевой зоны раскатывания возникает знакопеременный изгиб (рис. 2 б), при котором изгибные напряжения кратковременно достигают предела текучести σ_T [2].



а)



б)

Рисунок 2. Гибка труб, раскатываемых с большими натягами

Возможность холодной гибки описанным выше методом в значительной степени зависит от основных механических свойств материала изгибаемой трубы (табл. 2.) [3, 5].

Таблица 2.

Пластичность металлов

Металл	Предел текучести, МПа	Относительное удлинение δ , %	Временное сопротивление, МПа
Сталь 10	205	31	330
Сталь 20	245	25	410
Сталь 45	355	16	600
12X18H10T	196	40	510
12X18H9T	196	40	540
BT1-0	340	20	345
BT1-00	240	25	295
BT3-1	955	13	1055

Наиболее важным параметром для холодной гибки является относительное удлинение δ .

Метод холодной гибки труб с раскатыванием [4] нашел достаточно большое распространение в отечественной промышленности. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования [2] позволили разработать конструкции станков, которые охватывают диапазон изгибаемых труб от 57 до 219 мм в диаметре, которые в основном были предназначены для гибки труб из низкоуглеродистых и качественных углеродистых сталей (сталь 10, 20, 45).

В последнее время нами был получен новый заказ для нефтехимической промышленности — изготовление теплообменного оборудования.

Наилучшим образом для этих целей подходят трубы толщиной 5—6 мм из стали 12X18H10T, поскольку эта сталь обладает высокими антикоррозийными свойствами, имеет весьма длительный срок работы при температуре до 600°C и позволяет получать прочные и герметичные сварные соединения и выдерживать высокие давления [1]. При ее гибке с раскатыванием происходит значительное укатывание внутренней поверхности трубы, а, следовательно, окружные растягивающие деформации и раздача трубы по внутреннему диаметру. Это приводит к уменьшению фактического натяга и может вызвать потерю устойчивости стенок изгибаемой трубы и образование гофр. Для устранения данной проблемы пришлось увеличить натяг на 20...25 %. Вызванное этим увеличение контактных напряжений сказалось на стойкости деформирующих элементов и раскатного инструмента в целом.

В ходе контрольных экспериментов было изогнуто 65 труб диаметром 57 мм и толщиной стенки 5 мм из стали 12Х18Н10Т. Гибка осуществлялась на угол 180° (рис. 3) [2].

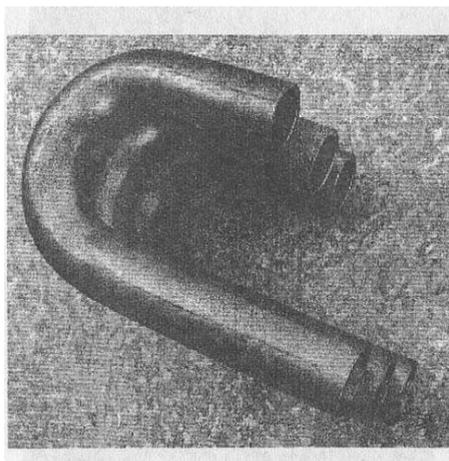


Рисунок 3. Изогнутые трубы $\text{Ø}57 \times 5$ из стали 12Х18Н10Т

Вызывает интерес возможность гибки этим методом тонкостенных труб из титановых сплавов. Для проверки такой возможности была изготовлена специальная лабораторная установка (рис. 4,5), которая имеет следующую конструкцию.

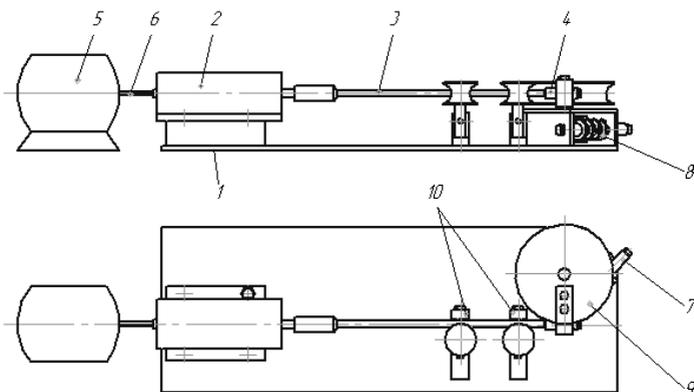


Рисунок 4. Схема установки для гибки мелкогабаритных труб

На сварной корпус 1 станка (рис. 4) установлен шпиндельный узел 2 со шпинделем 6 и борштангой 3. На конце борштанги 3 установлена раскатка 4. В качестве привода главного движения использовалась электродрель мощностью 0,95 кВт с частотой вращения $n=450$ об/мин. Вращение от электродрели 5 передается борштанге 3 и раскатке 4. На борштангу 3 устанавливается изгибаемая труба, для фиксации которой установлены упоры 10. Изгибаемое усилие передается рукояткой 7, вращением которой, при помощи червячной передачи 8, вращение сообщается гибочному ролику 9, по шаблону которого происходит изгиб трубы.



Рисунок 5. Установка для гибки мелкоразмерных труб

Для проверки возможности холодной гибки труб из титановых сплавов проведена серия натуральных экспериментов.

Материал изгибаемой трубы — титановый сплав ВТ1-0, внутренний диаметр трубы 14 мм, наружный диаметр трубы 17 мм, частота вращения электродвигателя 450 об/мин, частота вращения рукоятки трубогиба 0,5 об/мин, натяг составил 1 мм. В качестве охлаждения применялась вода.

Таким образом, проведенные натурные эксперименты, подтвердили возможность холодной гибки тонкостенных титановых труб и трубчатых изделий.

Была осуществлена гибка на угол 30—45°, с радиусомгиба 60 мм. Образование гофр не наблюдалось, овальность — в пределах 5 %.

Для промышленного применения нового метода холодногогиба при гибки труб из нержавеющей и титановых сплавов требуется разработка специального оборудования и уточнение режимовгибки.

Список литературы:

1. Бейлард П.П. Напряжение от локальных нагрузок в цилиндрических сосудах давления // Вопросы прочности цилиндрических оболочек. М.: Оборонгиз, 1960.
2. Козлов А.В., Бобылев А.В. Технология и оборудование холоднойгибки тонкостенных труб: монография. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — 169 с.
3. Краткий справочник металлста / С.В. Аврутин и др.; под ред. А.Н. Малова. 2-е изд. М.: Машиностроение, 1972. — 768 с.
4. Лакирев С.Г., Хилькевич Я.М. Патент РФ № 818707. Способгибки труб // Б.И. — № 13. — 1981.
5. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / под ред. И.Н. Жестковой. 8-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2001. Т. 1. — 920 с.

СЕКЦИЯ 11.

БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА, ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ОХРАНА ТРУДА И ЭКОЛОГИЯ

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА НЕСЧАСТНЫХ СЛУЧАЕВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Евтушенко Ольга Владимировна

*старший преподаватель кафедры безопасности жизнедеятельности
Национального университета пищевых технологий, г. Киев, Украина*

E-mail: big-evtushenko@bigmir.net

AUTOMATION ACCOUNT OF ACCIDENTS IN THE FOOD INDUSTRY

Olga Evtushenko

*Senior Lecturer the chair of safety vital functions National university
of food technology, Kiev, Ukraine*

АННОТАЦИЯ

Разработана программа «Analysis_of_accidents 1.0» для учета несчастных случаев на производстве на основе данных отчетов по форме Н-1. Программа сконструирована с помощью языка программирования С++. «Analysis_of_accidents 1.0» позволяет: вести учет несчастных случаев на предприятиях пищевой промышленности; создавать банк данных сведений актов Н-1 для последующего анализа причин и обстоятельств производственного травматизма в пищевой промышленности; составлять и печатать акты по форме Н-1 и своевременно отсылать их по электронной почте; формировать ежегодные отчеты по форме № 7 ТНВ, учитывая сведения актов Н-1.

ABSTRACT

The program is constructed by a programming of C++ language. «Analysis_of_accidents 1.0» allows to create the bank of data necessary for the analysis of reasons and circumstances of industrial accidents; to form, to print, to send on electronic e-mail reports of acts on a form N-1.

An act on a form N-1 is a primary document for an account, analysis and development of measures, on the removal of reasons of traumatism. The form of act about an accident is made so, that enables to conduct the deep analysis of reasons of traumatism and on the basis of it to develop and carry out effective measures on his decline. Information of act can expose the real picture of event and bring a benefit only to the that case, when they are made correctly and objectively on the basis of the preliminary conducted investigation of accident. Even insignificant inaccuracy, omission and haste, at drafting of act can result in a wrong conclusion.

Ключевые слова: производственный травматизм; несчастный случай; отчет по форме Н-1; форма № 7 ТНВ; форма Н-2.

Keywords: production traumatism; accident; report on a form Н-1; form of № 7 ТНВ; form of Н-2.

Несоблюдение правил техники безопасности в конечном итоге приводит к травматизму и несчастным случаям на производстве, и, как правило, потерпевшими от этих несчастных случаев являются сами сотрудники предприятий [1, с. 169—174]. Несчастный случай на производстве законодатель рассматривает как ограниченное во времени событие или внезапное действие на работника производственного фактора, или обстоятельств, которые случились в процессе выполнения им трудовых обязанностей, в результате которых причинен вред его здоровью или наступила смерть [4, с. 55]. Поэтому работодателю необходимо рассматривать несчастные случаи на производстве, как сигнал о неудовлетворительном состоянии профилактической работы по предупреждению травматизма на том или другом производственном участке.

Материалы расследований и отчетные данные о несчастных случаях позволяют оценить состояние безопасности труда и служат основой для разработки мероприятий по активизации профилактической работы по предупреждению производственного травматизма. Акты по форме Н-5 и Н-1 являются первичными документами для учета, анализа и разработки мероприятий, по устранению причин травматизма. Форма акта о несчастном случае составлена так, что дает

возможность провести глубокий анализ причин травматизма и на основе этого разработать и осуществить эффективные мероприятия по его снижению. Сведения акта могут раскрыть реальную картину события и принести пользу лишь в том случае, когда они составлены правильно и объективно на основе правильно проведенного расследования несчастного случая. Даже незначительная неточность, упущение и поспешность, при составлении акта могут привести к неправильному выводу, а следовательно цель расследования не будет достигнута.

Практика показывает, что уже на областном уровне редко где можно встретить, чтобы данные актов Н-1 обрабатывались и анализировались, накапливался банк сведений по производственному травматизму. Не уделяют этому надлежащее внимание и государственные инспекторы по надзору за охраной труда, хотя согласно [2, с. 5; 3, с. 3] к ним должна поступать вся первичная информация. Ведь статистика убедительно показывает, что большинство несчастных случаев каждый год случаются по одним и тем же причинам, при типичных обстоятельствах [2, с. 5; 3, с. 3].

Для разработки мероприятий по снижению производственного травматизма решающее значение имеет своевременное поступление достоверной информации о несчастных случаях, которые произошли на производстве. Основными носителями информационной базы, а также первичными статистическими документами в системе оперативного учета и анализа производственного травматизма является акт Н-5 и акт о несчастном случае формы Н-1 и сообщение о следствии несчастного случая формы Н-2, а также годовые отчеты.

Организация системы поступления информации приспособлена к существующим методам [2, с. 6; 3, с. 5] накопления данных по травматизму. В соответствии с этим после составления и утверждения на предприятии актов Н-5 и Н-1, они по почте направляются в государственную инспекцию по надзору за охраной труда. Поступление актов является основным сообщением о несчастном случае, дополнительное сообщение Н-2 высылается после закрытия больничного листка у пострадавшего.

Исходные данные получают фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний и отраслевые органы управления, которые контролируют проведение профилактических мероприятий конкретно на местах.

Для решения заданий по снижению травматизма решающее значение имеет своевременное поступление информации о фактических случаях травматизма. На сегодня существует проблема несоблюдения сроков оформления и поступления предприятий актов, неправильное их оформление.

Большая задержка с отправлением актов, а тем более совсем не-отправление части актов, не полное, не корректное и не объективное отображение обстоятельств несчастных случаев в материалах расследования не дает возможность обнаружить настоящие причины травматизма и оперативно их устранить.

Целью работы является разработка программного продукта для-ПЕВМ для учета несчастных случаев на предприятиях пищевой промышленности. Что даст возможность создать банк данных сведений актов Н-1 для последующего анализа причины и обстоятельства производственного травматизма в пищевой промышленности и своевременное поступление сведений актов Н-5 и Н-1 по электронной почте в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

С целью автоматизированной учета данных и сокращения времени на их обработку, а также, в дальнейшем, для оперативной разработки профилактических мероприятий была создана компьютерная программа «Analysis_of_accidents 1.0». Программа сконструирована с помощью языка программирования C++, в основу которой положены данные о несчастных случаях на производстве согласно актам по форме Н-1 [4, с. 60; 6, с. 75].

Системные требования к ПК: операционная система: Windows 98/Me/2000/XP/Vista/Windows 7, оперативная память: 128 Мб., видеокарта: 64 Мб.

Схема проекта представлена на рис. 1. Главное меню содержит следующие пункты: «Ввод», «Просмотр», «Выход».

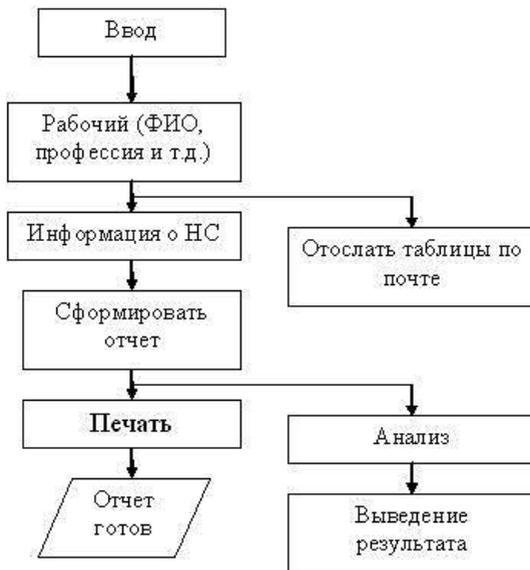


Рисунок 1. Схема проекта «Analysis_of_accidents 1.0»

Для запуска программы нужно нажать дважды левой кнопкой мыши (или нажать клавишу «Enter», которая находится на клавиатуре) на файле «Analysis_of_accidents.exe», после чего появится главное меню программы в котором вводятся начальные данные для сбора информации о травматизме на предприятии.

Программа «Analysis_of_accidents.exe» предусматривает создание новых записей данных, редактирования, тех, что уже существуют или их удаление (кнопки «добавить», которые управляют, «изменить», «удалить»).

Для накопления информации в базу данных необходимо нажать кнопку «добавить», появляется окно, в котором заложены команды меню. При выборе определенной команды открывается ее подменю, где выполняют общее описание несчастного случая. Данные для заполнения разбитые на 4 категории: «Лицо», «Предприятие», «Условия» и «Люди и мероприятия».

В категорию «Лицо» вносят: личные данные пострадавшего, время и дата несчастного случая, общую информацию о несчастном случае, в том числе и об оборудовании.

В категории «Предприятие» вносят информацию о предприятии работодателя, в том числе и о предприятии, где состоялся несчастный случай и в соответствии с [3, с. 8] выбирается вид события, причина и тип несчастного случая.

К категории «Условия» вносят данные о прохождении инструктажей, медосмотра, и диагнозе по листу неработоспособности. Информацию о свидетелях несчастного случая, о нарушителях законодательства и мероприятиях по предотвращению несчастного случая вносят в категорию «Люди и мероприятия».

После заполнения подменю появляется окно, предназначенное для формирования общего списка данных о потерпевших на предприятии.

Один из элементов панели инструментов — «Сформировать отчет». Для этого необходимо выбрать строку с информацией о потерпевшем и нажать на этот элемент, будет сформирован отчет по форме Н-1.

На панели инструментов активные 3 элемента: «Открыть», «Сохранить» и «Печатать отчет». Первый элемент панели инструментов — «Открыть». Этот элемент позволяет загрузить другой отчет. Файлы отчета имеют расширение *.асг. Второй элемент панели инструментов — «Сохранить». Выводит диалоговое окно с запросом по вводу имени файла в который будет сохранен отчет. И последний элемент панели инструментов — «Печатать отчет». Выводит диалоговое окно по выбору принтера.

В виде вывода в программе предлагается выполнить анализ травматизма, получив показатели частоты травматизма, тяжести травматизма, неработоспособности. Такие данные необходимы для оформления ежеквартального отчета «Информация о травматизме на производстве».

Программа «Analysis_of_accidents 1.0» позволяет: вести учет несчастных случаев на предприятиях пищевой промышленности; создавать банк данных сведений актов Н-1 для последующего анализа причины и обстоятельства производственного травматизма в пищевой промышленности; составлять и печатать акты по форме Н-1 и своевременно отсылать по электронной почте в фонд социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний. При необходимости возможно расширение электронных адресов; формировать ежегодные отчеты по форме № 7 ТНВ, учитывая сведения актов Н-1.

Список литературы:

1. Евтушенко О.В. Анализ статистики производственного травматизма в пищевой промышленности Украины/ Пищевая промышленность, 2011 № 10—11.
2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Положення про порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» від 21.08.2001 р. №1094 // Офіційний вісник України.
3. Постанова Кабінету Міністрів України «Деякі питання розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві» від 25.08.2004. № 1112 // Офіційний вісник України.
4. Толмачов В. Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві // Справочник кадровика, 2005. — 159 с.
5. Bilal Siddiqui JasperReports 3.6 Development Cookbook + code.: Packt Publishing, 2010. — 396 с.
6. Julia Lerman Programming Entity Framework. — 2nd Edition: OReilly, 2010. — 912 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ БИОРЕМЕДИАЦИИ ВОДНЫХ СРЕД

Шубаков Анатолий Александрович

*канд. биол. наук, доцент Института физиологии Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар
E-mail: shubakov@physiol.komisc.ru*

Шарапова Ирина Эдмундовна

*вед. инженер Института биологии Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар
E-mail: scharapova@ib.komisc.ru*

Михайлова Елена Андрияновна

*науч. сотр. Института физиологии Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар
E-mail: elkina@physiol.komisc.ru*

USE OF MICROALGAE FOR BIOREMEDIATION OF WATER ENVIRONMENTS

Anatoly Shubakov

*Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of Institute
of Physiology, Komi Science Centre, The Urals Branch of the Russian
Academy of Sciences,
Syktyvkar*

Irina Sharapova

*Leading engineer of Institute of Biology, Komi Science Centre,
The Urals Branch of the Russian Academy of Sciences,
Syktyvkar*

Elena Mikhailova

*Researcher of Institute of Physiology, Komi Science Centre,
The Urals Branch of the Russian Academy of Sciences,
Syktyvkar*

АННОТАЦИЯ

Разработан биопрепарат на основе бактерий (*Rhodococcus equi*), дрожжевого (*Rhodotorula glutinis*) и мицелиального (*Trichoderma viride*) грибов, включающий также культуру зеленых микроводорослей *Chlorella vulgaris*, присутствие которой повышает эффективность биодеструкции нефтезагрязнений микробными культурами за счет обеспечения их кислородом. Разработаны способы удаления нефтезагрязнений с помощью комплексов из монокультур бактерий и грибов при применении совместно с сорбентом в нативной, а также в иммобилизованной на сорбенте формах в присутствии культуры микроводорослей.

ABSTRACT

The biopreparation on the basis of bacteria (*Rhodococcus equi*), yeast (*Rhodotorula glutinis*) and filamentous fungi (*Trichoderma viride*) is developed. It also includes a culture of green microalgae of *Chlorella vulgaris* which presence increases efficiency of an oil pollution biodestruction by germ cultures via providing them with oxygen. Ways of removal of oil pollution by bacteria and fungi monoculture complexes are developed with the use of sorbent in native and in sorbent immobilized forms in the presence of microalgae culture.

Ключевые слова: микроводоросли; бактерии; дрожжи; мицелиальные грибы; нефть; вода; биоремедиация.

Keywords: microalgae; bacteria; yeast; filamentous fungi; oil; water; bioremediation.

Работа выполнена при поддержке программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 12-И-4-2007 «Биоресурсный потенциал и биохимическая оценка микроводорослей европейского северо-востока России в качестве объектов биотехнологии».

Загрязнение окружающей среды нефтью и продуктами ее переработки имеет место в районах нефтедобычи и транспортировки, которые в основном сосредоточены в северных регионах. В настоящее время предложен широкий спектр технологий с применением различных средств для очистки нефтезагрязненных водных объектов, в том числе с использованием биопрепаратов на основе природных углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ), а также сорбентов и биосорбентов (биопрепаратов, иммобилизованных на пористых носителях).

Установлено, что сложные микробные сообщества осуществляют с большей полнотой и скоростью окисление нефтяных углеводородов (НУГВ) в загрязненных водных средах и почвах, так как микроорганизмы в таких сообществах взаимодействуют и получают преимущества за счет совместной «метаболической атаки» на углеводороды [2]. Поэтому для получения активного биопрепарата наиболее актуальным является подбор микробных культур различных таксономических групп, составленных в комплексы в различном сочетании, с использованием микроорганизмов, выделенных из природы активных штаммов-нефтедеструкторов, а также устойчивых или адаптированных к условиям загрязненных объектов и способствующих биоокислению НУГВ. Использование комплексов микроорганизмов, на основе культур бактерий, водорослей, дрожжевых и мицелиальных грибов, с присущим подобному рода микробным сообществам многообразием метаболических связей, позволит расширить диапазон применения нефтедеструктивных биопрепаратов.

Проведенные нами исследования показали возможность биодеструкции углеводородов нефти в водных средах при совместном применении гидрофобного сорбента и микроорганизмов и водорослей различных таксономических групп. Для оценки эффективности комплексной формы препарата при очистке воды от углеводородов нефти в присутствии сорбента использовали нативные накопительные монокультуры бактерий, грибов и микроводорослей. В экспериментах применялись депонированные монокультуры: бактериальная *Rhodococcus equi* и дрожжевая *Rhodotorula glutinis*, мицелиальный гриб *Trichoderma viride*, культура зеленых микроводорослей *Chlorella vulgaris* Beijer, а также гидрофобный торфяной сорбент «Сорбонафт» (ТУ 0392-001-55763877-2003, ЗАО «Маркетинг-бюро», г. Киров). Микробные культуры и микроводоросли, использованные в исследованиях, представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Культуры микроорганизмов и микроводорослей

Культура	Условное обозначение	Титр, КОЕ/мл	Биомасса, г/л
<i>Rhodococcus equi</i>	Б	$(1,2 \pm 0,3) \times 10^9$	
<i>Rhodotorula glutinis</i>	Д	$(1,3 \pm 0,6) \times 10^9$	
<i>Trichoderma viride</i>	Г		$5,2 \pm 0,5$
<i>Chlorella vulgaris</i>	МВ		$3,5 \pm 0,1$

Примечание: КОЕ — колониеобразующая единица.

Обоснованием выбора культур послужили данные, что микроорганизмы таксономических групп отличаются различными метаболическими путями окисления n-алканов, что многие виды мицелиальных грибов рода *Trichoderma* способны окислять полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), а также данные об окислительной активности бактерий рода *Rhodococcus* и дрожжей рода *Rhodotorula*, выделенных из нефтезагрязненных почв Республики Коми. Выбор культуры микроводорослей основан на том, что зеленые водоросли рода *Chlorella* более других отличаются устойчивостью не только к естественным факторам среды, но и к антропогенным факторам [3]. Несмотря на то, что отсутствует информация о полной деградации водорослями НУГВ, эти организмы способны изменить физическую и химическую природу токсикантов и сделать их более чувствительными к атаке другими микроорганизмами после удаления замещенных групп. Эта первоначальная трансформация может быть крайне важна для полной деградации загрязнителей в окружающей среде. Известно также, что выделяя кислород в процессе фотосинтеза, водоросли обеспечивают бактериальное окисление различных органических загрязняющих веществ. Благодаря этим процессам естественные воды обладают некоторой способностью амортизировать действие загрязняющих веществ, что и определяется понятием «самоочищение».

Нефть, сложнейшее химическое соединение, при попадании в воду образует продукты окисления, зачастую более токсичные, чем исходные вещества. Установлено, что наиболее высокой токсичностью для гидробионтов обладают нерастворимая составляющая нефти, токсичность которой зависит от размеров частиц эмульгированной нефти и температуры [7]. В проведенных исследованиях в качестве поллютантов использовали образцы сырой товарной нефти. Нефть тяжелая, с высоким содержанием парафинов и смолисто-асфальтовых веществ Возейского месторождения Усинского района Республики Коми. Учитывая, что углеводороды образуют пленку на водной поверхности, предполагается, что биодеструкция наиболее токсичных НУГВ обусловлена биохимической активностью нативных микроорганизмов на поверхности загрязненного сорбента в трехфазной системе вода — сорбент — НУГВ и сопровождается, очевидно, процессами адсорбции, десорбции и диффузии в порах сорбента. При этом эффективная биорегенерация сорбента (очистка сорбента от НУГВ) возможна при условии, когда нефтенагруженность или соотношение НУГВ к сорбенту не превышает его максимальной нефтеемкости.

Степень очистки воды и биорегенерации сорбента от НУГВ определена в отделенных фильтрованием воде и сорбенте по окончании опыта, продолжительность которого обусловлена периодом положительных температур на Севере (не более 3 месяцев). Бактериальная и грибные монокультуры (табл. 1), отобранные в предварительных опытах, получены на индивидуальных питательных средах и применялись совместно с микроводорослями в загрязненных нефтью водных средах (соответственно 2 % (15 г/л) нефти). Исследование по очистке водных сред провели с соотношением нефти и сорбента 2 мл : 2 г в течение 90 суток при естественном освещении. Монокультуры внесены по 1 % общим количеством от объема водной среды в различном сочетании. Общепринятыми методиками определены показатели: остаточное содержание нефтепродуктов (ОСНП) [4, 5]; дегидрогеназная активность в сорбенте [8]; титр и биомасса микроорганизмов [1]; $\Sigma C_a, C_b$ — сумма концентраций хлорофиллов а и b зеленых микроводорослей в воде [6].

По окончании опыта проанализированы отделенные фильтрованием пробы сорбента и водной среды. При совместном применении микробного комплекса и гидрофобного сорбента Сорбонафт биодеструкция НУГВ «свободными»-нативными и «прикрепившимися» к загрязненному сорбенту микроорганизмами оценивалась по показателям снижения содержания НУГВ в воде и сорбенте, общей микробной численности (ОМЧ), концентрации хлорофиллов микроводорослей (МВ), а также дегидрогеназной активности в сорбенте (АД). Активность микробных комплексов, составленных в различном сочетании, неодинакова в условиях загрязнения воды нефтью. Результаты представлены в таблице 2.

Показатели снижения содержания НУГВ в воде и сорбенте рассчитаны по отношению к контрольным вариантам — сорбент без микроорганизмов (С без м/о) при загрязнении воды нефтью. Наибольшим снижением содержания НУГВ в сорбенте отмечены варианты с внесением альго-бактериального, альго-дрожжевого, альго-бактериально-грибного комплексов накопительных культур при загрязнении водной среды нефтью (варианты № 2, 3, 6; табл. 2).

Таблица 2.

**Результаты биодеструкции нефти в воде
комплексом накопительных культур микроорганизмов
и микроводорослей в присутствии гидрофобного сорбента**

Вариант опыта	Водная среда			Сорбент		
	1	2	3	4	5	6
1. Вода + нефть + сорбент (С без м/о)	—	—	7	—	—	16
2. Вода + нефть + сорбент + комплекс нативных микроорганизмов (МВ + Б)	77,1 ±6,5	5,94 ±0,25	44,6	6,4 ±0,5	0,020 ±0,002	50,1
3. Вода + нефть + сорбент + комплекс нативных м/о (МВ + Д)	83,2 ±6,6	7,64 ± 0,38	68,1	0,32 ±0,03	0,025 ±0,003	43,3
4. Вода + нефть + сорбент + комплекс нативных м/о (МВ + Б + Д + Г)	64,0 ±5,1	6,57 ±0,34	57,5	0,76 ±0,06	0,020 ±0,002	33,8
5. Вода + нефть + сорбент + комплекс нативных м/о (МВ + Б + Д)	310 ±25	8,23 ±0,41	61,1	0,54 ±0,04	0,015 ±0,002	30,9
6. Вода + нефть + сорбент + комплекс нативных м/о (МВ + Б + Г)	41,3 ±3,3	5,55 ±0,28	57,5	0,61 ±0,05	0,013 ±0,001	38,8

Примечание: 1 — общая численность микроорганизмов в воде (ОМЧ), млн. КОЕ/мл; 2 — концентрация хлорофиллов микроводорослей в воде $\Sigma Ca, Cb$, мг/л; 3 — степень биодеструкции НУГВ в воде, %; 4 — общая численность микроорганизмов в сорбенте (ОМЧ), млн. КОЕ/г сорбента; 5 — дегидрогеназная активность в сорбенте, мг ТФФ/1 г сорбента ч (ТФФ — трифенилформазан); 6 — степень биодеструкции НУГВ в сорбенте, %.

Общая численность микроорганизмов в сообществе на сорбенте была на один-два порядка ниже показателей ОМЧ в воде. В вариантах опыта на исходно инертном сорбенте к концу эксперимента численность микроорганизмов составила 10^5 — 10^6 КОЕ/1 г сорбента, что подтверждается нефтеокислительной ферментативной активностью прикрепившихся к сорбенту микроорганизмов. Показатели численности в воде незначительно преобладали над теми же показателями в сорбенте (10^6 — 10^8 КОЕ/мл). Доминировали по численности в микробном сообществе: в водной среде — микроводоросли *Chlorella* (МВ) и дрожжи *R. glutinis* (Д), в сорбенте — бактерии *R. equi* (Б).

Сорбент являлся «базой или матрицей» для нативных микроорганизмов. Эти данные обоснованы ферментативной активностью в сорбенте и микробиологическими показателями. По окончании опыта посредством определения дегидрогеназной активности определена биохимическая активность микробного сообщества в сорбенте. При совместном применении накопительных монокультур и сорбента дегидрогеназная активность нативных, а также «прикрепившихся» к загрязненному сорбенту микроорганизмов незначительна.

В результате проведенного опыта можно сделать вывод, что гидрофобный сорбент на основе торфа одновременно обеспечивал сорбцию НУГВ и стимулировал микробный метаболизм и биодеструкцию НУГВ за счет микроорганизмов, внесенных в водную среду в нативной форме или накопительными монокультурами, не иммобилизованными на носителе. Для биодеструкции в воде, загрязненной нефтью, наиболее эффективен комплекс из трех штаммов микроорганизмов: бактерий *R. equi* (Б) и зеленых микроводорослей *Chlorella* (МВ), а также дрожжевого *R. glutinis* (Д) или мицелиального *T. viride* (Г) грибов. Микроводоросли хлорелла способствовали биодеструкции НУГВ в загрязненных водных средах. Показано, что применение монокультур бактерий и зеленых микроводорослей, а также дрожжевого или мицелиального грибов позволяет увеличить их активность и потенциал в отношении деструкции углеводов нефти при очистке пресноводной среды в присутствии гидрофобного сорбента. Проведенные исследования позволяют полагать, что помимо сорбции НУГВ решается вопрос биодеструкции НУГВ в водной толще и в массе сорбента, сохранившего при этом положительную плавучесть на водной поверхности в течение трех месяцев (90 % исходно внесенного количества сорбента, загрязненного нефтью).

Таким образом, при совместном применении в различном сочетании альго-бактериально-грибного комплекса нативных микроорганизмов и гидрофобного сорбента за 90 суток биорегенерация сорбента составила 33—50 % при загрязнении водной среды нефтью.

Список литературы:

1. Градова Н.Б., Бабусенко Е.С., Горнова И.Б., Гусарова Н.А. Лабораторный практикум по общей микробиологии. М., 1999. — 130 с.
2. Кураков А.В., Ильинский В.В., Котелевцев С.В., Садчиков А.П. Биоиндикация и реабилитация экосистем при нефтяных загрязнениях. М.: Графикон, 2006. — 336 с.

3. Ленова Л.Н., Ступина В.В. Водоросли в доочистке сточных вод. Киев: Наукова думка, 1990. — 182 с.
4. Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». ПНД Ф 16.1.21-98. М.: 1998. — 15 с.
5. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах природных, питьевых, сточных вод флуориметрическим методом на анализаторе жидкости «Флюорат-02». ПНД Ф 14.1:2:4.128-98. — М., 1998. — 15 с.
6. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике. Киев: Наукова думка, 1975. — 247 с.
7. Ратушняк А.А., Андреева М.Г., Латыпова В.З., Гарипова Л.Г. Токсическое действие нефти и продуктов ее переработки на *Daphnia magna* Straus // Гидробиол. журн. — 2000. — № 2 — С. 33—39.
8. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. — 252 с.

СЕКЦИЯ 12.

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

УПРАВЛЕНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОДКЛЮЧЕНИЯ АБОНЕНТОВ К ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ В ЭНЕРГОСЕТЕВОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Фомин Игорь Николаевич

*директор, Общество с ограниченной ответственностью «ОргЦентр
ЭнергоКБ», г. Москва*

E-mail: fomin@orgcentr.org

MANAGEMENT BY BUSINESS PROCESS OF TECHNOLOGICAL CONNECTING OF SUBSCRIBERS TO ELECTRIC NETWORK IN ENERGINETWORK ENTERPRISE

Igor Fomin

Director, Limit liability company "OrgCentr EnergoKB", Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается проблема технологического присоединения энергопринимающих устройств к электросетям и согласованности действий всех участников этого бизнес-процесса. С целью решения этой проблемы выявлены основные модели и схемы определения требований, предъявляемых к автоматизированным системам, и сформулированы прикладные задачи на основе реального опыта по технологическому присоединению в МУП «Ярославская городская электросеть».

ABSTRACT

In the article the problem of the technological joining of energy accepting devices is examined to the electric systems and coordination of actions of all participants of this business process. With the purpose of decision of this problem basic models and charts of determination of the requirements produced to CASS are educed, and the applied tasks are set forth on the basis of the real experience on the technological joining in МУП the "Yaroslavl municipal electric system".

Ключевые слова: бизнес-процесс; технологическое присоединение; электрическая сеть; энергосетевое предприятие.

Keywords: business process; grid connection; electric network; energy network company.

Согласно новому законодательству субъекты, работающие в электроэнергетике, делятся на энергогенерирующие, энергосетевые, энергосбытовые, также имеются субъекты потребляющие электроэнергию. Эти предприятия тесно связаны друг с другом технологически, поскольку находятся в одной технологической цепочке по генерации электроэнергии, её распределению и передаче, сбыту выработанной и закупленной энергии и, конечно, её потреблению. Подключение к электрическим сетям — отдельный процесс этой технологической цепочки. Процесс подключения к электрическим сетям (технологическое присоединение) в последние годы значительно усложнился. Это связано с вовлечением в этот процесс множества субъектов и с изменением законодательства в сфере электроэнергетики.

Технологическое присоединение к электросетям (далее — техприсоединение) — это присоединение к электрическим сетям энергопринимающих устройств, впервые вводимых в эксплуатацию либо реконструированных в целях увеличения присоединенной мощности или в целях изменения категории надежности электроснабжения потребителя, точек присоединения или схемы электроснабжения.

В процессе техприсоединения задействовано множество структур, организаций, людей, действия которых нуждаются в согласованности. Одним из новационных решений в этой области является компьютеризация этого процесса и подчинения действий людей, работающих над техприсоединением, строгому алгоритму, который принято называть «бизнес-процесс».

Столкнувшись с этой проблемой, автор настоящей работы выявил перечень проблем технического и организационного характера, решение которых возможно только с помощью управления этим процессом по заранее отработанным технологическим схемам. Эти схемы включает в себя разработку, внедрение и постоянное совершенствование административных и технических мероприятий с высокой степенью научной организации производственного процесса. Разработка последовательностей научно ориентированных мероприятий в целях организации работ по техприсоединению — задача, позволяющая впоследствии автоматизировать этот процесс с помощью доступных приложений.

В настоящей работе рассматривается бизнес-процесс технологического присоединения в контексте признанной в мировой практике технологии управления, разработанной Августом Вильгельмом Шеера. Применение методов Шеера к организации и управлению технологическим присоединением позволяет найти некоторые общие элементы таких процессов, выработать принципы административной организации работ и концепцию автоматизации, применение которых позволит повысить эффективность этого производственного процесса.

Изучая пути автоматизации бизнес-процессов, автор провёл исследование с целью выявить возможности автоматизации процесса техприсоединения на платформе «1С: Предприятие 8» и доказать состоятельность этого способа с точки зрения науки об управлении бизнес-процессами и теории массового обслуживания.

Для достижения вышеназванной цели потребовалось выявить основные модели и схемы определения требований к административным мероприятиям и автоматизированным системам, применяющимся при автоматизации бизнес-процессов по технологическому присоединению к сетям, а также кратко формализовать прикладную задачу; дать определения основным понятиям теории управления бизнес-процессами и теории массового обслуживания применительно к процессу технологического присоединения к электрическим сетям; определить базовые элементы процессуального моделирования бизнес-процесса; создать ЕРС-диаграмму типового бизнес-процесса по техприсоединению; определить и описать уровни управления бизнес-процессом; выявить в бизнес-процессе по техприсоединению элементы классической системы массового обслуживания.

Теоретической и методологической основой этой работы стали исследования Августа Вильгельма Шеера (A.W. Scheer) — немецкого инженера, публициста, основателя науки об управлении бизнес-

процессами (BPM), лидера мирового рынка BPM-инструментария и исследования Агнера Эрланга (Agnér Krarup Erlang) — датского математика и инженера, основателя теории массового обслуживания.

Эмпирическая база этих исследований — реальный опыт автора по организации бизнес-процесса по техприсоединению в МУП «Ярославская городская электросеть» (г. Ярославль) и изучение аналогичных задач на многих энергетических предприятиях России.

Бизнес-процесс, в частности процесс техприсоединения — это несколько связанных работ или процедур, в совокупности реализующих конкретную цель текущей деятельности предприятия, в частности подключения новых потребителей к сети и расширение самой сети.

Управление бизнес-процессами BPM (Business Process Management) — это методология, которая рассматривает технологический процесс как совокупность определяемых, управляемых и оптимизируемых бизнес-процессов.

Методология управления бизнес-процессами (BPM), разработанная А. Шеером, включает в себя шесть шагов, которые успешно интерпретируются в прикладную область настоящей работы. Для управления бизнес-процессом и для автоматизации процесса техприсоединения необходимо:

1. Определить владельца каждого этапа работ по техприсоединению.

Владелец бизнес-процесса — должностное лицо, которое имеет в своем распоряжении персонал, инфраструктуру, программное и аппаратное обеспечение, информацию о бизнес-процессе, управляет ходом бизнес-процесса и несет ответственность за результаты и эффективность этого процесса.

2. Описать границы процессов и определить интерфейсы передачи информации (документы, приказы и распоряжения, устные, письменные и электронные сообщения).

3. Описать бизнес-процесс по техприсоединению с помощью программного алгоритма;

4. Установить вехи и точки контроля за процессом, определить показатели, которыми они измеряются. Показатели бизнес-процесса — количественные и/или качественные параметры, характеризующие бизнес-процесс и его результат. Основными показателями при этом являются показатели результативности и показатели эффективности бизнес-процесса.

5. Постоянно отслеживать изменения показателей в точках контроля.

6. Постоянно анализировать полученную информацию и разрабатывать предложения по совершенствованию процесса по техприсоединению.

В процессе исследования было выявлено, что анализ эффективности бизнес-процесса, как и в классической теории управления, — это анализ результатов выполнения функций и/или параметров, характеризующих эти функции в динамике, и сравнение полученных показателей с затратами (временными, финансовыми, материальными, человеческими), необходимыми для осуществления данного процесса, и/или целевыми показателями эффективности процесса.

При постановке задач было определено, что программное решение для управления бизнес-процессами по техприсоединению (BPMS — Business Process Management System) должно оперировать элементами, которые позволяют описывать логику бизнес-процесса, выполнять процесс и осуществлять его мониторинг.

Концепция автоматизированного программного комплекса, на котором должна производиться автоматизация бизнес-процесса по техприсоединению должна соответствовать прикладной задаче. В ней должна быть уникальным образом организована база данных, оперирующая такими элементами как контрагент, договор, объект электроснабжения, точка учёта, прибор учёта, питающий центр, точка поставки, точка подключения и другие. В отличие от дорогостоящих платформ на базе «ARIS» и «SAP R/3», в «IC» имеется возможность создания не универсальной, а ориентированной на прикладную задачу структуры базы данных. Это позволяет интегрировать бизнес-процесс с учётными и расчетными задачами, возникающими в процессе деятельности предприятия и моделировать бизнес-процесс.

Моделирование бизнес-процесса — это создание организационных моделей с целью изучения и улучшения процессов деятельности каждого элемента бизнес-процесса и предприятия в целом. При моделировании процессов различных сетевых организаций было проведено определение потоков работ и потоков информации, проходящих через каждого сотрудника, участвующего в бизнес-процессе, как показано на рисунке 1.

При моделировании бизнес-процессов возникло множество проектов автоматизации и схем, описывающих процесс техприсоединения. В исследовании одной из важных задач моделирования стала оценка адекватности модели.

Адекватность модели бизнес-процесса — степень соответствия модели бизнес-процесса реально существующему в электросетевом

предприятию бизнес-процессу, который складывался в течение многих лет, и зависящему как от внутренних, так и от внешних факторов. Вильгельм Шеер для исключения развития ошибочных схем бизнес-процессов предлагает так называемое «имитационное моделирование бизнес-процессов» — разработку информационных моделей бизнес-процессов с помощью программных средств ARIS, предназначенных, в частности, для имитации выполнения бизнес-процессов во времени.

В проведённом исследовании были даны определения основным понятиям теории управления бизнес-процессами, применительно к процессу технологического присоединения, выявлены основные элементы модели бизнес-процесса. В результате было подтверждено, что значительно дешевле использовать на практике «графическое моделирование бизнес-процессов» как разработку набора графических моделей, отражающих содержание, последовательность и взаимосвязи работ, входящих в состав бизнес-процессов, их исполнителей, материальные и информационные потоки.

Известно, что бизнес-процесс — это вполне устойчивая, целенаправленная совокупность взаимосвязанных видов деятельности, последовательность работ, то есть неких функций, которые по определенной технологии преобразуют входы (ресурсы) в выходы (продукты, действия или услуги). Следовательно, первым практическим действием по созданию бизнес-процесса, которым можно было бы управлять с помощью программного комплекса и по созданию самого приложения со специфической базой данных, должно быть создание последовательности действий, управляемых событиями (в английской аббревиатуре EPC-event-driven process chain). Эта последовательность формирует метод описания процессов, который нашёл применение в системах «ARIS» и «SAP R/3» и ещё успешнее — на платформе «IC». Эта платформа также позволяет описать определенное событие, которое может инициировать одновременное выполнение нескольких функций. Аналогично результатом выполнения определенной функции может стать целый ряд событий. Для представления этих ответвлений и циклов обработки в EPC используются определённые правила. Они не только служат средством графического представления соединения, но и определяют логические связи между объектами, такие как «и», «если» либо «или». Используя этот метод можно довольно чётко описать бизнес-процесс по техприсоединению.

Определим, что же является входами в цепочке процесса по техприсоединению.

Как видно из краткого описания прикладной задачи и схемы типового бизнес-процесса, входы — это документы, информация, ресурсы, действия людей, необходимые для выполнения и получения результата бизнес-процесса или его элемента, которые потребляются или преобразовываются при выполнении этого бизнес-процесса.

Из того же описания и предложенной схемы можно предположить, что выходами бизнес-процесса по техприсоединению должны являться объекты (материальные, информационные), являющиеся результатом выполнения функций, потребляемые другими бизнес-процессами предприятия или внешними по отношению к предприятию процессами или клиентами. Так, например, формирование акта о выполнении техусловий порождает действия по заключению договора электроснабжения с энергосбытовой компанией, которые формально не являются элементами бизнес-процесса энергосетевой компании.

Для организации управления бизнес-процессами Шеер вводит понятие «архитектура бизнес-инжиниринга» (АБИ) и предлагает разбить его на 4 основных и один объединяющий уровень. Эти уровни, выполняя свои функции и непрерывно взаимодействуя друг с другом, обеспечивают не просто функционирование бизнес-процесса, а постоянный его анализ и совершенствование. При изучении уровней было определено, что при их использовании можно управлять организацией бизнес-процесса по техприсоединению и выработать концепцию автоматизации с помощью различных инструментов, в частности с помощью «IC: Предприятия».

Уровень I. Уровень организации инжиниринга бизнес-процесса по техприсоединению. На этом уровне определяются приоритеты, графики работ и наборы информации (отчёты), требуемые для бизнес-процесса. Этот уровень определяет и использование различных методов организации техприсоединения.

Уровень II. Уровень планирования и управления бизнес-процессом по техприсоединению. На этом уровне осуществляется планирование и управление бизнес-процессами, расчёт и планирование ресурсов. Кроме того осуществляется мониторинг состояния существующего процесса техприсоединения, определение этапов процесса, выявление ответственных объектов и субъектов.

Уровень III. Уровень управления потоками работ. Это фактически уровень трафика электронных и бумажных документов и сообщений. Важное в этом уровне — определение потоков информации, потоков документов, потоков работ. Процесс техприсоединения исторически сопровождался огромным количеством

документов с дублирующей информацией, которые не всегда порождались какими-либо работами, и не всегда порождали производство каких-либо работ. На этом уровне должны отсекаются ветви, не порождающие или не отражающие потоков работ.

Уровень IV. Уровень отборов и интеграции прикладных автоматизированных систем. На этом уровне определяется набор приложений, с помощью которых организовывается регистрация, создание документов, отбор информации, расчёт объёмов и стоимости, способы построения отчётов, а так же методы обмена информацией между приложениями. Для организации техприсоединения, как правило, используются множество приложений. Инструменты «IC» при этом должны инициировать подключение каждого из них, на соответствующем этапе и регистрации информации из этих приложений в базе данных «IC: Предприятие» для дальнейшего использования.

Уровень V. Единая инфраструктура, объединяющая уровни управления бизнес-процессом. Это уровень, объединяющий четыре вышеназванных уровня в единую инфраструктуру. Четыре предыдущих уровня связаны между собой контурами обратной связи. Первый уровень определяет задачи для всех уровней, второй уровень управляет потоками работ, подлежащих выполнению (суммы, сроки, ресурсы) и передаёт эти данные на первый уровень, третий уровень предоставляет информацию о загруженности трафика на второй уровень, а четвёртый уровень представляет на первый уровень нужную для первого уровня информацию «упакованную» в стандартные приложения. Обратная связь четвёртого и первого уровня помогает определить необходимость и достаточность используемых приложений. Обеспечение этой и других связей между компонентами АБИ есть предмет деятельности пятого инфраструктурного уровня.

Определив уровни, легко можно определить отношения между уровнями АБИ, путём создания требования для уровня. Важнейшее место в исследовании отношений уровней стало создание моделей процессов и моделей потоков информации. Главная задача описания отношений уровней — чётко определить точки перехода от моделей процессов к моделям потоков. Такая концепция многоуровневого управления бизнес-процессом, использованная для разработки приложения управляющего бизнес-процессом по техприсоединению, радикально упростила постановку задачи и непосредственно коддинг, при разработке приложений.

В проведённом исследовании бизнес-процесс по техприсоединению к электрическим сетям был рассмотрен с точки зрения теории массового обслуживания, поскольку при попытке построения математической модели этого бизнес-процесса легко прослеживаются четыре основных элемента классической системы массового обслуживания (СМО). К этим элементам относятся: поток поступающих заявок на техприсоединение; система обработки и обслуживания заявки; характеристики качества бизнес-процесса; дисциплина обслуживания заявок.

Исследование определило, что поток сообщений в техприсоединении включает информацию о модели потока заявок, законе распределения, длительности обработки и передачи сообщений, множестве точек присоединений, заявителей, а так же о способе передачи сообщений в автоматизированной системе. Система обработки и обслуживания заявки характеризуется структурой построения и набором параметров каждой заявки (требуемая мощность, количество объектов электроснабжения, точки присоединения и прочие параметры технических условий).

Под дисциплиной обслуживания поступающих заявок можно понимать порядок обслуживания (в порядке очередности, случайном порядке или подключение с приоритетом).

К характеристикам качества обслуживания можно отнести: среднее время задержки потока работ; количество заявок, количество объектов или количество требуемой электрической мощности; скорость обработки одной заявки; интенсивность поступления заявок и фактов подключения.

Таким образом, для целей управления, при моделировании бизнес процесса как СМО могут ставиться и решаться следующие задачи:

- определение параметров и свойств входящего потока заявок, параметров и структуры системы обработки и дисциплины обслуживания заявок;
- определение параметров системы обслуживания при ее заданной структуре в зависимости от параметров и свойств потока заявок, дисциплины и качества обслуживания заявок;
- оптимизация бизнес-процесса и его параметров таким образом, чтобы при заданной интенсивности заявок, дисциплине и качестве обслуживания заявки стоимость системы была минимальной.

Если рассматривать бизнес-процесс по техприсоединению как математический аппарат теории массового обслуживания, то он должен базироваться на теории вероятностей, комбинаторике

и математической статистике. Такие методы незаменимы для обработки данных, получаемых при определении и измерении параметров потоков заявок и показателей качества обработки заявки в реальных автоматизированных системах, а также при моделировании этих систем. По мнению ведущих специалистов теории массового обслуживания, для решения конкретных задач организации техприсоединения также можно использовать сведения из других разделов математики, а именно: линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, теории графов, системного анализа.

В этом случае состояние системы характеризуется одной случайной переменной — числом занятых субъектов (должностных лиц) по обработке заявок или числом заявок, находящихся на обслуживании и в очереди. При поступлении очередной заявки, подключения заявителя к сети или изменении фазы потока работ автоматизированная система фиксирует изменение своего состояния. Интенсивности перехода из одного состояния в другое, как правило, известны в конкретном предприятии на основании свойств потоков заявок и потоков подключений к сети. Это позволяет построить размеченный граф состояний и составить систему уравнений, связывающих между собой вероятности соседних состояний. Эту систему можно решить аналитически или численно. Предположительно, примером аналитического решения таких систем являются распределения Бернулли или Пуассона.

В автоматизированной системе, разбиение бизнес-процесса на элементы, имеющие свои количественные параметры, позволяет получить численные характеристики качества обслуживания заявок при конкретных параметрах потока заявок. Используя эти характеристики, из автоматизированной системы можно построить различные сложные отчёты, которые можно использовать для проверки гипотез и предположений, а так же уточнения эмпирических коэффициентов.

Научная значимость настоящей работы заключается в выражении процесса техприсоединения как типичного объекта науки об управлении бизнес-процессами и типичного объекта теории массового обслуживания. В настоящей работе было доказано, что процессу технологического присоединения свойственны классификация уровней управления, а так же многие атрибуты и характеристики, методы описания и методы моделирования объекта управления бизнес-процессами и объекта теории массового обслуживания.

Практическая значимость настоящей работы заключается в моделировании процесса создания диаграмм и управления бизнес-процессом по технологическому присоединению. На основании сформулированных определений, принципов создания и управления бизнес-процессом можно разработать методику проведения обследования энергосетевого предприятия с целью описания технологии техприсоединения и её последующей автоматизации, а также формировать технические задания для разработки автоматизированных систем на платформе «1С: Предприятие 8».

Список литературы:

1. Клейнорк Л. Теория массового обслуживания / Пер. с англ. И.И. Грушко; Под ред. В.И. Неймана. М.: Машиностроение, 1979. — 346 с.
2. Август-Вильгельм Шеер. Бизнес-процессы. Основные понятия. Теория. Методы. М.: Серебряные нити, 1999. — 287 с.

СЕКЦИЯ 13.

НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КРАСИТЕЛЕЙ С СЫВОРОТОЧНЫМ АЛЬБУМИНОМ В ПРИСУТСТВИИ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА

Бычкова Анна Владимировна

*аспирант ФГБУН Института биохимической физики
им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, г. Москва
E-mail: annb0005@yandex.ru*

Сорокина Ольга Николаевна

*канд. хим. наук, науч. сотр. ФГБУН Института биохимической
физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, г. Москва*

Пронкин Павел Геннадьевич

*канд. хим. наук, мл. науч. сотр. ФГБУН Института биохимической
физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, г. Москва
E-mail: pronkip@gmail.com*

Татиколов Александр Сергеевич

*д-р хим. наук, вед. науч. сотр. ФГБУН Института биохимической
физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, г. Москва*

Коварский Александр Львович

*д-р хим. наук, проф., гл. науч. сотр. ФГБУН Института
биохимической физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук,
г. Москва*

Розенфельд Марк Александрович

*д-р биол. наук, проф., зав. лаб. ФГБУН Института биохимической
физики им. Н.М. Эмануэля Российской академии наук, г. Москва*

INTERACTION OF DYES WITH SERUM ALBUMINE IN PRESENCE OF MAGNETITE NANOPARTICLES

Anna Bychkova

*Postgraduate student, Emanuel Institute of biochemical physics
of RAS, Moscow*

Olga Sorokina

*Candidate of Chemical Sciences, Emanuel Institute of biochemical
physics of RAS, Moscow*

Pavel Pronkin

*Candidate of Chemical Sciences, Emanuel Institute of biochemical
physics of RAS, Moscow*

Alexander Tatikolov

*Doctor of Chemical Sciences, Emanuel Institute of biochemical
physics of RAS, Moscow*

Alexander Kovarski

*Doctor of Chemical Sciences, Emanuel Institute of biochemical
physics of RAS, Moscow*

Mark Rosenfeld

*Doctor of Biological Sciences, Emanuel Institute of biochemical
physics of RAS, Moscow*

АННОТАЦИЯ

В работе исследовалось взаимодействие органических красителей (полиметиновых и скварилиевых) с сывороточным альбумином, находящимся в составе белковых покрытий магнитных наночастиц.

ABSTRACT

The interaction of organic dyes (polymethine and squarylium dyes) with serum albumin as a part of the protein coating on magnetic nanoparticles is investigated.

Ключевые слова: полиметиновые красители; скварилиевые красители; альбумин; магнитные наночастицы.

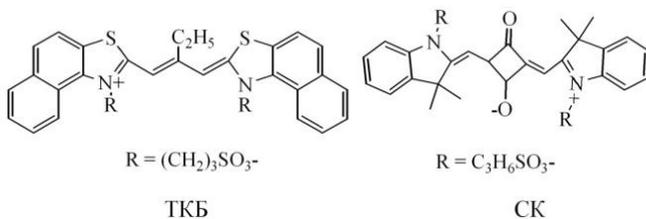
Keywords: Polymethine dyes; squarylium dyes; albumin; magnetic nanoparticles.

Авторы выражают благодарность Б.И. Шапиро (ГОСНИИХИМФОТОПРОЕКТ) и А.А. Ищенко (ИОХ НАНУ, Киев) за любезно предоставленные скварилиевые красители.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (гранты № 12-03-31452, № 10-03-00647а).

В последние годы проводятся обширные исследования в области применения магнитных наночастиц (МНЧ) с биосовместимыми покрытиями [3]. Успех использования МНЧ в биологии и медицине во многом определяется функциональными свойствами компонентов их покрытий. Использование белков в составе покрытий МНЧ расширяет спектр возможностей наносистем. Вместе с тем, закрепление белковых покрытий на поверхности МНЧ представляет сложную научно-практическую задачу. Ранее был предложен принципиально новый способ создания устойчивого белкового покрытия, основанный на свойстве белков подвергаться поперечному сшиванию под действием свободных радикалов, которые генерируются на поверхности наночастиц под действием инициатора — пероксида водорода [1, 4].

Цель настоящей работы заключалась в изучении взаимодействия сывороточных альбуминов (в системах, содержащих наночастицы) с полиметиновым (ТКБ) и скварилиевым (СК) красителями. В дальнейшем полученные результаты планируется применить для разработки подходов к оценке функциональных свойств белка в составе покрытий МНЧ.



Экспериментальная часть

Синтез магнитных наночастиц и методика получения альбуминовых покрытий на поверхности МНЧ детально описаны в [1, 4]. МНЧ стабилизировали в водной дисперсии методом электростатической стабилизации фосфат-цитратным буфером с pH 4. В работе использовались коммерческие препараты белка (бычьего и человеческого сывороточного альбумина, БСА или ЧСА соответственно) фирмы «Sigma-Aldrich» (США). Контрольные образцы препаратов отличались от соответствующих опытных образцов отсутствием в реакционной системе пероксида водорода, вместо которого было добавлено эквивалентное количество дистиллированной воды («Контроль 1»), или наличием 0,01 мл аскорбиновой кислоты с концентрацией 152 мг/мл для генерации свободных радикалов в объеме реакционной системы («Контроль 2»).

Размеры синтезированных МНЧ и МНЧ в белковом покрытии оценивали методом динамического светорассеяния на спектрометре Zetasizer Nano-S фирмы Malvern (Англия). Количественные данные по адсорбции макромолекул альбумина на МНЧ получали с помощью метода ЭПР-спектроскопии спиновых меток [5].

Удаление свободного белка в образцах проводили путем осаждения МНЧ в покрытие сульфатом аммония при концентрации $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 50 % и/или методом магнитной сепарации. Осадок подвергали ультразвуковому диспергированию в фосфатном буфере с pH 7,3.

В работе использовали красители-зонды, нековалентно взаимодействующие с альбумином в растворе [6, 7]: 3,3'-ди-(γ -сульфопропил)-4,5,4',5'-дibenзо-9-этилтиакарбоцианин-бетаин (ТКБ), индолиевый скварилиевый краситель с сульфогруппами (СК).

Измерения спектров поглощения красителей проводились на спектрофотометре СФ-2000 (Россия), флуоресцентные измерения — на спектрофлуориметре «Флюорат-02-Панорама» (Россия) в стандартных кварцевых кюветах с длиной оптического пути 1 см. При титровании растворов красителей раствором МНЧ концентрация красителя выбиралась в пределах $(2—9) \times 10^{-6}$ моль/л. При обработке спектров флуоресценции красителей учитывалось разбавление раствора красителя.

Результаты и обсуждения

Устойчивость альбуминового покрытия, закрепленного на поверхности МНЧ по свободнорадикальному механизму, была доказана совокупностью физико-химических методов: по конкурентному замещению альбумина фибриногеном [1, 2] методами электронного магнитного резонанса и динамического светорассеяния; по содержа-

нию БСА в осадке, полученном после ультрацентрифугирования образца (контроль содержания проводился колориметрическим методом Бредфорда). Избирательность сшивания белка оценивали путем определения степени свободнорадикального окисления свободного белка в образцах «Опыт», «Контроль 1» и «Контроль 2» методом ИК-спектроскопии. Было доказано, что свободнорадикальное сшивание белка протекает избирательно на поверхности МНЧ и не затрагивает свободный белок в растворе [1].

Спектры поглощения красителя СК в водном растворе имеют максимум 624 нм, в присутствии бычьего сывороточного альбумина максимум спектров сдвигается в длинноволновую область на 16 нм. В присутствии альбумина и наночастиц, обработанных перекисью, максимум соответствует 629 нм. Спектры флуоресценции также демонстрируют похожее поведение: в водном растворе максимум спектра на 640 нм, в присутствии альбумина (2 мг/мл) спектр сдвигается (653 нм), в системе «Опыт» максимум на 648 нм (спектры не приведены).

В водном растворе краситель ТКБ находится главным образом в виде *цис*-димера (максимум спектра поглощения 535 нм), для красителя характерна низкая флуоресценция. В присутствии сывороточного альбумина человека образуется нековалентный комплекс *транс*-мономера красителя (максимум 612 нм). Большой спектральный сдвиг, высокая константа связывания ($>10^6$ л/моль), высокий квантовый выход флуоресценции связанного с белком красителя (0,57), в то время как исходный краситель не флуоресцирует, делают данный краситель эффективным спектрально-флуоресцентным зондом на сывороточный альбумин человека [7].

Определение эффективной концентрации альбумина в образцах проводили методом флуоресцентного титрования красителя растворами «МНЧ — белок» относительно стандарта — образца «Контроль 1». В экспериментах были использованы системы, отличающиеся присутствием неадсорбированного на поверхности МНЧ белка и наличием свободнорадикальных сшивок белка на поверхности МНЧ (рис. 1). Показатель эффективной концентрации альбумина в нашем случае характеризует способность белка нековалентно взаимодействовать с флуоресцентным зондом.

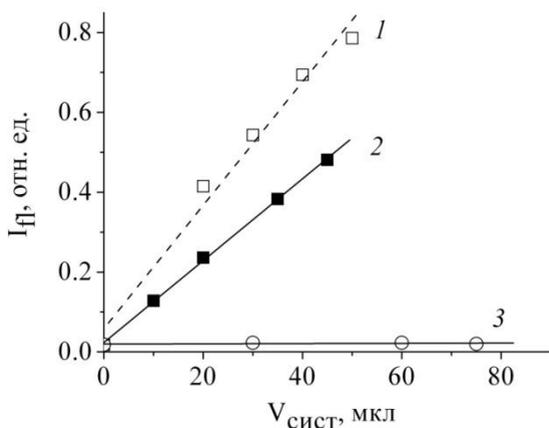


Рисунок 1. Данные флуоресцентного титрования раствора ТКБ (4.2×10^{-6} моль/л) образцами: 1 — система «МНЧ — ЧСА», не подвергавшаяся радикальному сшиванию («Контроль 1»), 2 — система «МНЧ — ЧСА» после свободнорадикального сшивания в результате действия H_2O_2 («Опыт»), 3 — «Контроль 1» после удаления свободного белка. По оси абсцисс — количество образца, добавленного к 1 мл титруемого раствора

После радикального сшивания альбумина на поверхности МНЧ флуорометрическое титрование красителями ТКБ показывает снижение значений эффективной концентрации ЧСА в образце. Так, например, при титровании раствора ТКБ образцами МНЧ, содержащими ЧСА, интенсивность сигнала флуоресценции связанного с белком красителя (590 нм) оказалась на 30 % меньше для образца подвергнутого сшиванию, по сравнению с образцом-стандартом (рис. 1, кривые 1 и 2).

Аналогичные результаты были получены в случае красителя СК для образцов, содержащих МНЧ и сшитый белок, обработанных сульфатом аммония. Титрование растворов МНЧ красителем показало низкую эффективную концентрацию альбумина.

Причиной снижения эффективной концентрации альбумина после проведения реакции радикального сшивания могут являться как окислительные повреждения связывающих центров альбумина (частичная денатурация), так и пространственная недоступность связывающих центров ЧСА для зонда. Значительное снижение показателя эффективной концентрации альбумина в результате

удаления свободного альбумина может объясняться снижением доступности связывающих центров в результате адсорбции макромолекул на поверхности МНЧ, а, следовательно, изменением нативной функциональной активности белка при адсорбции.

Список литературы:

1. Бычкова А.В., Розенфельд М.А., Леонова В.Б., Сорокина О.Н., Ломакин С.М., Коварский А.Л. Модификация поверхности наночастиц магнетита в дисперсиях сывороточным альбумином методом свободнорадикального сшивания // Коллоидный журнал. 2013. № 1 (в печати).
2. Бычкова А.В., Сорокина О.Н., Коварский А.Л., Шапиро А.Б., Леонова В.Б., Розенфельд М.А. Взаимодействие фибриногена с наночастицами магнетита // Биофизика. 2010. Т. 55. № 4. С. 605—611.
3. Бычкова А.В., Сорокина О.Н., Розенфельд М.А., Коварский А.Л. Многофункциональные биосовместимые покрытия на магнитных наночастицах // Успехи Химии. 2012. № 11 (в печати).
4. Розенфельд М.А., Бычкова А.В., Сорокина О.Н., Коварский А.Л., Леонова В.Б., Ломакин С.М., Макаров Г.Г. Способ получения белковых покрытий на поверхностях твердых тел, содержащих ионы металлов переменной валентности // Заявка на получение патента РФ № 2011136972, приоритет от 08.09.2011.
5. Сорокина О.Н., Бычкова А.В., Шапиро А.Б., Тихонов А.П., Коварский А.Л. Применение метода спиновых меток к исследованию адсорбции макромолекул на магнитных наночастицах // Химическая физика. 2010. Т. 29. № 6. С. 87—91.
6. Татиколов А.С., Панова И.Г., Ищенко А.А., Кудинова М.А. Спектрально-флуоресцентное изучение взаимодействия скварилиевых красителей — производных 3Н-индолия - с альбуминами // Биофизика. 2010. Т. 55. № 1. С. 46—53.
7. Tatikolov A.S., Costa S.M.B. Complexation of Polymethine Dyes with Human Serum Albumine: A Spectroscopic Study // Biophys. Chem., 2004, v. 107, p. 33—49.

**ИССЛЕДОВАНИЕ
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА
И КЕРАМИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ**

Горбунов Фёдор Константинович

*заведующий лабораторией Бердского политехнического техникума,
г. Бердск*

*²аспирант Института химии твёрдого тела и механохимии СО РАН,
г. Новосибирск*

E-mail: f1123723@yandex.ru

Наумова Полина Александровна

студент Бердского политехнического техникума, г. Бердск

Травин Александр Павлович

студент Бердского политехнического техникума, г. Бердск

**RESEARCH OF COMPOSITE MATERIALS ON THE BASIS
OF POLYURETHANE FOAM AND CERAMIC PARTICLES**

Fedor Gorbunov

*Manager laboratory of Berdsk polytechnic technical school, Berdsk
Postgraduate Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry SB
RAS, Novosibirsk*

Polina Naumova

Student of Berdsk polytechnic technical school, Berdsk

Aleksandr Travin

Student of Berdsk polytechnic technical school, Berdsk

АННОТАЦИЯ

Предложены способы улучшения физико-механических показателей материалов на основе пенополиуретана путем модификации их керамическими частицами различной дисперсности. Получены образцы с прочностью и стойкостью к абразивному износу, превышающих прочность и стойкость к абразивному износу немодифицированного пенополиуретана, в 1,7 и 70 раз соответственно.

ABSTRACT

Ways to improve the physic-mechanical indicators of materials on a basis foam polyurethane by modifying their with ceramic particles different dispersion have been suggested. Samples with the density and strength above density and resistance to the abrasive wear above density and resistance to the abrasive wear of the unmodified polyurethane foam in 1.7 and 70 times respectively have been received.

Ключевые слова: пенополиуретан; керамический наполнитель; нанодисперсные частицы; модификация.

Keywords: polyurethane foam; ceramic filler; nanodispersed particles; modification.

Введение

Важным преимуществом полиуретанов является то, что у них можно направленно регулировать число поперечных связей, гибкость полимерных молекул и характер межмолекулярных взаимодействий. Основными потребителями эластичных пенополиуретанов являются мебельная, обувная промышленность, медицина, пищевая промышленность, сельское хозяйство, горно-обогатительная промышленность. Жесткие пенополиуретаны являются одним из наиболее распространенных строительных материалов. Эти легкие, но достаточно прочные пенопласты обладают очень низкой теплопроводностью, малой проницаемостью, высокой адгезией к металлу, штукатурке и древесине. Их так же используют для утепления жилых зданий, теплоизоляции трубопроводов, промышленных и административных зданий [8, 10].

Область применения пенополиуретанов постоянно увеличивается и поэтому существует необходимость улучшения их свойств, путем модификации.

Целью работы являлось изучение изменения физико-механических свойств пенополиуретанов от концентрации и размера керамических частиц (корунд, карбид кремния), введенных при синтезе пенополиуретанов.

Таблица 1.

**Физико-механические и теплофизические свойства
пенополиуретанов наполненных корундом**

Характеристики	Содержание наполнителя, %									
	d=(880±44) нм			d=(75±4) нм			d=(40±2) нм			
	—	1	2,5	10	1	2,5	10	1	2,5	10
Плотность, г/см ³	0,453	0,472	0,460	0,477	0,446	0,479	0,480	0,472	0,460	0,488
Предел прочности при разрыве, МПа	1,8	1,2	1,7	1,3	1,1	2,7	2,9	3,1	2,5	1,2
Удлинение при разрыве, %	259,2	159,2	295,9	155,1	139,6	252,0	289,8	293,8	265,1	110,5
Остаточное удлинение при растяжении (σ=1МПа), %	4,6	17,0	6,2	15,6	22,3	3,4	3,5	4,0	3,2	—
Твердость по Шор А	30,5	27,5	29,5	32,5	26,5	30,0	30,5	26,0	27,0	34,5
Истирание, мм ³ /м	0,71	1,57	0,25	0,08	0,14	0,04	0,07	0,01	0,06	0,85
Теплопроводность, Вт/м*К	0,1120	—	—	—	—	—	0,1173	0,0880	0,1065	—

Таблица 2.

**Физико-механические и теплофизические свойства
пенополиуретанов наполненных карбидом кремния**

Характеристики	Содержание наполнителя, %						
	—	d=(10±0,5) мкм		d=(250±12) нм		d=(220±11) нм	
		1	1	2,5	10	1	10
Плотность, г/см ³	0,453	0,465	0,478	0,478	0,477	0,478	0,465
Предел прочности при разрыве, МПа	1,8	1,5	1,4	3,0	2,0	2,4	2,3
Удлинение при разрыве, %	259,2	167,3	174,7	270,6	190,0	232,7	190,0
Остаточное удлинение при растяжении (σ=1МПа), %	4,6	18,4	13,3	3,3	7,5	7,1	3,1
Твердость по Шор А	30,5	30,5	28,0	29,0	32,0	29,0	37,0
Истирание, мм ³ /м	0,71	0,25	0,41	0,02	0,03	0,03	0,07
Теплопроводность, Вт/м*К	0,1120	0,0829	—	0,0758	—	0,0822	0,0729

Как видно из таблицы 1 введение корунда со средним размером частиц около (880±44) нм в количестве 2,5 масс. % приводит к увеличению такого показателя как удлинение при разрыве на 14 % относительно исходного образца пенополиуретана, но при этом наблюдается незначительное уменьшение предела прочности при разрыве.

При модифицировании пенополиуретана корундом со средним размером частиц (75 ± 4) нм (в количестве 2,5 и 10 масс. %) и (40 ± 2) нм (в количестве 1 и 2,5 масс. %) наблюдается повышение, как предела прочности, так и удлинения при разрыве образцов. Например, для образца пенополиуретана, модифицированного корундом со средним размером частиц (40 ± 2) нм в количестве 1 масс. % (табл. 1), предел прочности при разрыве увеличился на 72 %, при этом удлинение при разрыве увеличилось на 13 %, а остаточное удлинение при растяжении снизилось на 13 % относительно исходного пенополиуретана.

Как видно из таблицы 2 введение карбида кремния со средним размером частиц около ($10\pm 0,5$) мкм в количестве 1 масс. % приводит к снижению таких показателей как удлинения при разрыве на 35 %, предела прочности при разрыве на 17 % и увеличению остаточного удлинения при растяжении на 300 % относительно исходного образца пенополиуретана, но при этом наблюдается увеличение стойкости к абразивному износу этого образца на 65 %. Введение же в пенополиуретан частиц модификатора (карбид кремния со средним размером частиц (250 ± 12) нм (в количестве 2,5 масс. %)) приводит к увеличению предела прочности при разрыве образцов на 67 % и удлинения при разрыве на 4% относительно исходного.

Увеличение плотности образцов пенополиуретана (табл. 1 и 2) в процессе модификации связано с образованием новой (приповерхностной) фазы вокруг частиц наполнителя [2], которую можно наблюдать с помощью термогравиметрического анализа (ТГА) и дифференциальной сканирующей колориметрии (ДСК), представленных на рисунках 1 и 2.

Нанодисперсные частицы в структуре ППУ играют роль зародышей полимеризации, при этом частицу обволакивает полимер, образуя новую фазу. Наличие новой приповерхностной фазы доказывает расширение пика тепловыделения и появление пиков при температурах около 280°C и 340°C , и исчезновение пика при температуре 320°C , отвечающего за тепловыделение исходного пенополиуретана.

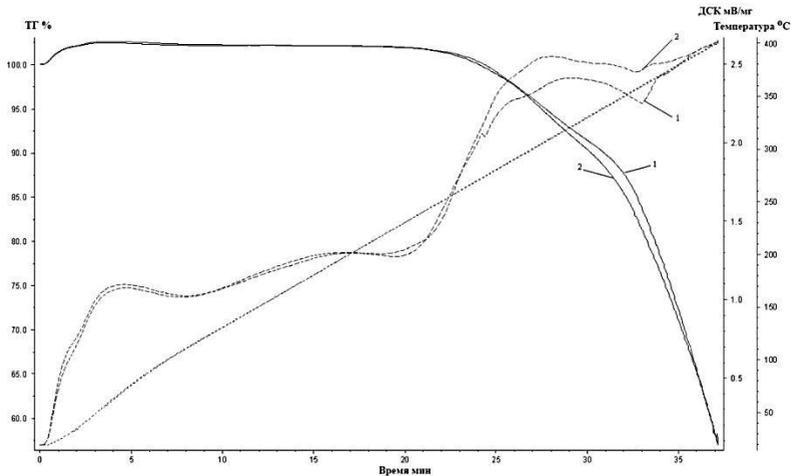


Рисунок 1. ТГА (сплошные кривые) и ДСК (пунктирные кривые) пенополиуретанов: 1 — исходного; 2 — модифицированного корундом, $d=(880\pm44)$ нм (10 масс. %)

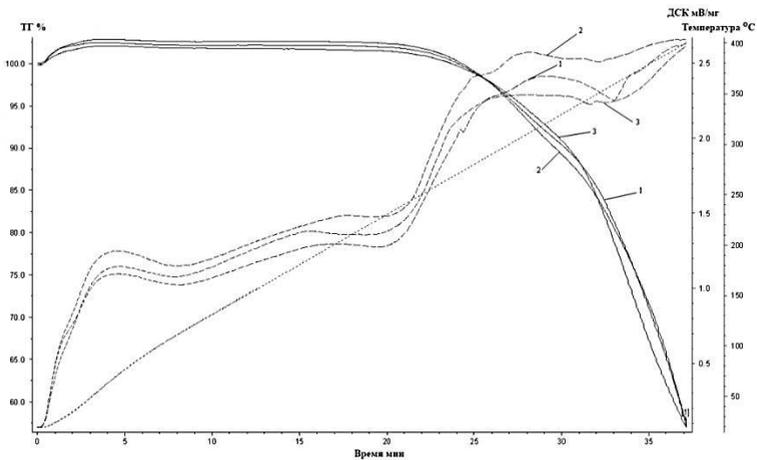


Рисунок 2. ТГА (сплошные кривые) и ДСК (пунктирные кривые) пенополиуретанов: 1 — исходного; модифицированного: 2 — корундом, $d=(40\pm2)$ нм (1 масс. %); 3 — корундом, $d=(40\pm2)$ нм (10 масс. %)

При модифицировании пенополиуретана в основном наблюдается уменьшение твердости образцов (от 1 до 15 %) относительно исходного, что, скорее всего, связано с образованием новой фазы вокруг частиц наполнителей.

Одним из важных показателей у пенополиуретанов является коэффициент теплопроводности. У модифицированных ППУ коэффициент теплопроводности уменьшается на 43 % и более относительно теплопроводности исходного ППУ (табл. 1 и 2).

Теплопроводность у пенополиуретановых композитов, модифицированных керамическими частицами различной природы и дисперсности, снижается относительно исходного вследствие того, что нанодисперсные частицы выступают в качестве зародышей полимеризации в структуре пенополиуретана. Поскольку частицы имеют маленький размер, то даже при небольшом количестве наполнителя от массы полимера, образуется достаточно большое количество зародышей и образующиеся при этом зерна полимера имеют меньший размер, чем зерна немодифицированного пенополиуретана. В результате чего происходит формирование однородной и равномерной структуры пор полимера (рис. 3), при этом поры принимают более правильную сферическую форму (рис. 3, б) относительно структуры исходного пенополиуретана (рис. 3, а). А когда структура материала состоит из сфер практически одинакового размера и правильной формы, то теплопроводность падает, т. к. образуется большое количество пор меньшего размера, следовательно, их объем гораздо больше, чем в исходном материале. В свою очередь улучшение структуры приводит к блокированию вспенивающего газа внутри пор пенополиуретана, который является плохим проводником тепла и поэтому изменяются теплофизические свойства пенополиуретановых композитов.

При увеличении количества вводимого наполнителя происходит перенасыщение исходных компонентов нанодисперсными частицами, что приводит к агломерации частиц наполнителя и увеличению зерен полимера с последующим ухудшением свойств.

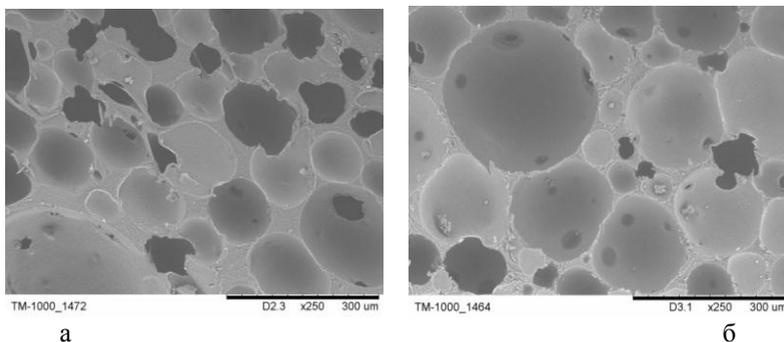


Рисунок 3. Микрофотография пенополиуретанов: а — исходного, б — модифицированного корундом ($d=(40\pm 2)$ нм) в количестве 1 масс. %

Таким образом, меняя дисперсность и количество наполнителя можно получать пенополиуретановые композиты с заданными свойствами.

Выводы

1. Установлено, что модифицирование пенополиуретана нанодисперсными керамическими частицами приводит к уменьшению размера зерен полимера и, как следствие, к уменьшению размера пор в структуре пены, что способствует к снижению теплопроводности модифицированного пенополиуретана.

2. Обнаружено, что керамические наполнители различной дисперсности образуют новую (приповерхностную) фазу в структуре пенополиуретана и тем самым изменяют ряд физико-механических показателей.

3. Выявлено, что введение в пенополиуретан корунда со средним размером частиц (40 ± 2) нм в количестве 1 масс. % приводит к повышению стойкости к истиранию в 70 раз, снижению теплопроводности в 1,4 раза, твердости на 4,5 ед., увеличению прочности при разрыве в 1,7 раз и снижению остаточной деформации при удлинении.

Список литературы:

1. Буянова Н.Е., Карнаухов А.П., Алабужев Ю.А. Определение удельной поверхности дисперсных и пористых материалов. — Новосибирск: Институт катализа СО АН СССР, 1978. — 74 с.
2. Волоскова Е.В., Полубояров В.А., Горбунов Ф.К., Гурьянова Т.И., Андрюшкова О.В., Гончаров А.И. Модифицирование пенополиуретана нанодисперсными керамическими частицами // Вестник КемГУ. — 2010. — № 1 (41) — С. 8—12.
3. ГОСТ 11012-69. Пластмассы. Методы испытания на абразивный износ. М.: Изд. стандартов. 1969.
4. ГОСТ 13525.1-79. Полуфабрикаты волокнистые, бумага и картон. Методы определения прочности на разрыв и удлинения при растяжении.
5. ГОСТ 15139-69. Пластмассы. Методы определения плотности (объемной массы).
6. ГОСТ 263-75. Резина. Метод определения твердости по Шору А.
7. ГОСТ 7076-99. Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стандартном тепловом режиме.
8. Кольцов Н.И., Ефимов В.А. Полиуретаны // Полиуретановые технологии. — 2005. — № 2. М.: Полипринт. — С. 9.
9. Патент РФ № 975068, 23.11.1982. Аввакумов Е.Г., Поткин А.Р., Самарин О.И. Планетарная мельница // Патент России «975068». 1995. Бюл. № 35.
10. Плате П. Новые разработки в области полиуретановых эластомеров горячего отверждения. МДИ-преполимеры, сшиваемые аминами, предлагают новые возможности // Полиуретановые технологии. — 2008. — № 1 (14). М.: Полипринт. — С. 37.
11. Серкин Ю.С. Техническое описание планетарной мельницы АГО-2. — Новосибирск: ИХТТМ СО РАН, 2005. — 4 с.
12. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы. М.: Химия, 1988. — 464 с.

РАЗРАБОТКА СКАНИРУЮЩЕГО БЛИЖНЕПОЛЬНОГО ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА В РЕЖИМЕ НА ОТРАЖЕНИЕ

Скурихин Андрей Владимирович

*студент 6 курса Московского физико-технического института,
г. Долгопрудный*

E-mail: andrey.skurihin@yandex.ru

Быков Виктор Александрович

д-р техн. наук, генеральный директор ЗАО NT-MDT

E-mail: vbykov@ntmdt.ru

DEVELOPMENT OF NEAR-FIELD OPTICAL MICROSCOPE OF REFLECTION MODE OPERATION

Andrey Skurikhin

*6th year student of the Moscow Institute of Physics and Technology,
Dolgoprudny*

Victor Bykov

DE, CEO of close corporation NT-MDT

АННОТАЦИЯ

Статья описывает комплекс мер по разработке и созданию сканирующего ближнепольного оптического микроскопа, способного работать в режиме «на отражение». Этот режим позволяет исследовать поверхностные оптические свойства непрозрачных образцов и обладает другими преимуществами. Статья описывает механизм работы созданного прибора и раскрывает методы проведения измерений на нем, а также представляет результаты тестовых измерений и характеристики прибора.

ABSTRACT

The article describes package of implementation measures for development of the Near-Field Scanning Optical Microscope that can operate in “Reflection” mode. This mode allows researching surface optical properties of opaque samples and has a lot of other advantages. The paper reveals the mechanism of functioning of the designed and produced device

in detail and tells about techniques of performing experiments with it. It presents the results of testing measurements and ultimate properties of the instrument.

Ключевые слова: ближнепольная микроскопия; СЗМ; Интегра Спектра; кварцевый камертон; плата управления; «загнутые» оптоволоконные зонды; (электро)химическое травление; вольфрамовые зонды; эффект ГКР

Keywords: NSOM; SPM; Ntegra Spectra; tuning fork; control circuit; bent fiber probe; etched tungsten tip; TERS

Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия (СБОМ) является в настоящее время передовой областью в науке и технологиях, потому что она сочетает возможности сканирующей зондовой микроскопии и возможности оптической микроскопии. СБОМ позволяет изучать нанометровые объекты. Помимо формы и размеров, интерес для исследователей представляют также химический состав, молекулярная структура и динамические свойства. Для изучения таких свойств, требуются микроскопы с высоким пространственным и спектральным разрешением. Разрешение классического оптического микроскопа ограничено дифракционным пределом Аббе: минимальный размер объектов, который можно измерить в конфокальной микроскопии, составляет $\Delta x = \lambda / (2NA)$, где NA — это числовая апертура [2]. Тем не менее, современная наука и технологии нуждаются в приборах и методах, которые бы позволили описывать, образовывать и манипулировать структурами, размером до нескольких нанометров. СБОМ позволяет исследовать образцы с пространственным разрешением вплоть до 20 нм. До недавнего времени применение методик СБОМ ограничивалось технологическими проблемами их реализации, однако сейчас они являются важным инструментом для анализа поверхности, применяются для решения разнообразных задач физики, химии, биологии, медицины, материаловедении и других областях.

Впервые экспериментальная схема, позволяющая достичь нанометрового режима, была описана Синджем, который предложил использовать интенсивный источник света за тонкой непрозрачной пленкой металла с круглым отверстием диаметром в несколько десятков нанометров (рис. 1), в результате чего получался бы точечный источник света, который используется для локального освещения малых участков образцов. Для этого диафрагма в пленке должна быть не дальше от образца, чем ее диаметр (апертура).

Регистрируя излучение, прошедшее через участок образца или отраженное от него с помощью чувствительного фотодетектора, можно получать оптические изображения объектов с высоким разрешением. При размере диафрагмы меньше 160 нм видимое излучение не проходит через нее, а за ней возникает экспоненциально затухающее (эванесцентное) электромагнитное поле. Однако часть этого поля может превратиться в свободно распространяющееся излучение при взаимодействии в ближнем поле ($L < \lambda * \lambda / D \approx 20$ нм, D — диаметр выходного отверстия (апертуры), λ — длина волны излучения) с наночастицами образца.

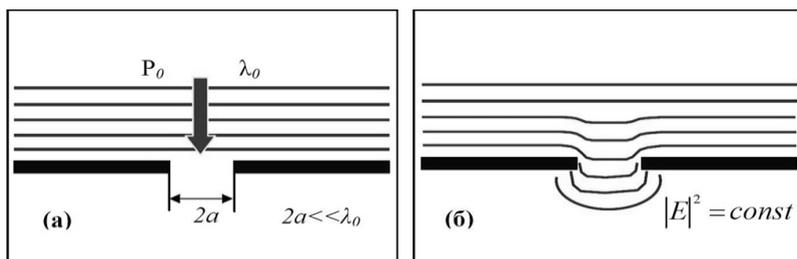


Рисунок 1. а) Прохождение плоской волны света через отверстие в экране с субволновой апертурой. б) Линии постоянной интенсивности оптического излучения в области субволнового отверстия

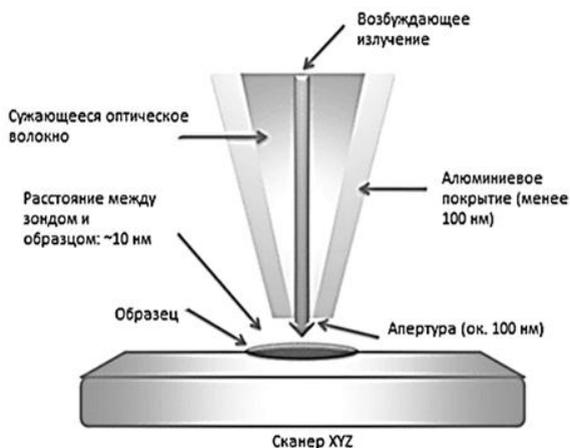


Рисунок 2. Кончик СБОМ зонда

Такая субволновая диафрагма технологически реализована в виде оптоволоконных зондов (рис. 2). Процесс изготовления оптоволоконных зондов для СБОМ технологически сложный и слабо воспроизводимый, его можно разделить на две стадии. Первый шаг состоит в создании прозрачного, конического сужения к вершине зонда с радиусом кривизны на кончике менее 100 нм одним из методов: «нагрева и вытягивания» или химического травления. Вторая стадия — это напыление алюминиевой пленки для формирования выходной апертуры (непокрытой области) зонда. При распространении излучения лазера по оптоволокну на выходе (кончике) зондов образуется эванесцентное поле со сложной структурой, сильно локализованное вблизи апертуры. Это поле может быть преобразовано в распространяющееся излучение нанообъектами в ближнем поле [1], которое регистрируется в каждой точке образца чувствительным детектором (ФЭУ, ПЗС-камерой или др.). Таким образом, можно сформировать оптические изображения участков образца с субмикронным пространственным разрешением и исследовать их свойства. Возможны две конфигурации работы в методе СБОМ при записи сигналов, несущих информацию об образце: в проходящем и отраженном свете. Техническая разработка средств реализации режима «на отражение» позволит изучать непрозрачные для видимого света образцы методом микроскопии ближнего поля, что и являлось целью настоящей работы. Для осуществления этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Детальная разработка и выпуск столика с электрической раскачкой кварцевого камертона
2. Создание методик работы с новым прибором
3. Тестирование и исследование характеристик нового изделия
4. Исследование параметров СБОМ-зондов, используемых в новом методе: разрешающей способности, коэффициента пропускания, оптимальных геометрических характеристик и др.

Актуальность задачи состоит в создании нового режима работы с широкими возможностями как приложения прибора Ntegra Spectra.

Благодаря горизонтальному типу держателя колебания столика проходят перпендикулярно оси камертона, таким образом, достигается большая чувствительность при повороте. Положительным следствием этого свойства является гораздо меньшая изнашиваемость зонда, сохранение диаметра апертуры после нескольких циклов сканирования и возможность многократного проведения измерений с получением того же самого разрешения. Это отличает их от традиционного метода ближнепольной микроскопии (“shear-force”), где зонд закреплен

вертикально и подводится сверху вниз. В этом случае, «поперечная» сила воздействует на зонд в непосредственной близости (<50 нм) от поверхности образца, из-за возможных ошибок обратной связи его апертура может измениться при подводе и во время сканирования. В отличие от апертурных кантилеверных зондов (таких, как NACATEC NST-SNOM-AP-AL-WAP или WITEC SNOM-100) «загнутые» зонды в силу своих геометрических характеристик, можно использовать для работы в режиме «на отражение». Перед каждым экспериментом проводился отбор, подготовка образцов, настройка и проверка приборов.



Рисунок 3. а — Прибор Ntegra Spectra; б — Камертон с СБОМ-зондом закреплен в столик SNLG01SNA

Измерения проводились на приборе Ntegra Spectra (ЗАО NT-MDT, рис. 3а) с использованием измерительной головкой SNLG103NTF, а также разработанного столика SNLG01SNA (рис. 3б) с платой Kamerton для электрической раскочки камертона. На одну из лапок столика подавался переменный сигнал синусоидальной формы, с другой лапки снимался сигнал, формируемый на электродах кварцевого камертона за счет обратного пьезоэффекта. Регистрация излучения в режиме «на отражение» производилась УЭ ПЗС-камерой (EMCCD) Andor Newton DU970P-BV. Зонды 10-E50-SMF28-AL50, выпускаемые компанией LovaLite (г. Безансон, Франция), представляют собой оптоволоконно SMF28 с алюминиевым покрытием, изготовленные методом «нагрева и вытягивания» с диаметром апертуры 100 нм (заявлено фирмой-производителем, однако реально это оказалось не совсем так), загнутые под углом 45 градусов на расстоянии 1,5 мм от его кончика. Перед каждым экспериментом зонд с частью оптоволоконка приклеивался к боковой части зубчика камертона и закреплялся на столике. Источниками излучения были

лазеры LM473, $\lambda=473$ нм (лазер с диодной накачкой, Cobolt Blue) и LM633, $\lambda=632.8$ нм (He-Ne лазер, Melles Griot). Схема экспериментальной установки приведена на рис. 4.

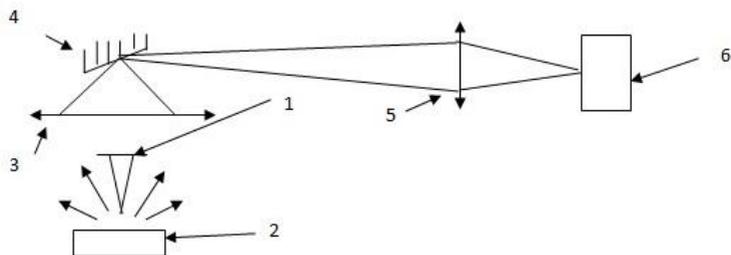


Рисунок 4. Схема экспериментальной установки: 1. — Зонд. 2. — Образец. 3. — Объектив. 4. — Зеркало. 5. — Объектив. 6. — Матрица ПЗС камеры

В ходе испытаний изделие SNLG01SNA проверялось на ожидаемые характеристики. Латеральное разрешение по осям ХУ составило ок. 100 нм, стабильность сигнала Mag (шумовая характеристика): менее 5 пА/10 мин. Среднеквадратичное отклонение при измерении рельефа идеально гладких образцов $RMS_SensHeight=0,4$ нм. Во время 9 часов непрерывного сканирования поля $100*100$ мкм (с шагом 100 нм) не замечено перескоков и существенных отклонений, что доказывает высокую стабильность работы. На полученных изображениях четко видны артефакты поверхности (рис. 9). Образцами были калибровочные решетки TGQ, TGZ, SNG (рис. 6, 7, 8), а в качестве зондов использовались электрохимически вытравленные вольфрамовые, золотые и серебряные иглы с радиусом кривизны на кончике ок. 100 нм [3].

По результатам СБОМ-тестирований определены важные параметры «загнутых» зондов. Оптическое разрешение составило менее 200 нм (рис. 5, 6, 7), для сравнения: конфокальное разрешение — $\lambda/(2NA)=400$ нм. Разрешение по оси Z — менее 1 нм. Коэффициент пропускания составляет $T\sim 10^{-6}$. К недостаткам используемых зондов для данного микроскопа являются сложность и низкая воспроизводимость их изготовления, слабая механическая прочность, небольшой коэффициент пропускания.

Основной проблемой для работы в режиме микроскопии ближнего поля было создание высокочувствительной системы подвода при малых колебаниях камертона. Амплитуде раскачки генератора

0.1*0.1 отн. В соответствии амплитуда колебаний зубцов камертона 25 нм. Эта проблема была решена путем проектирования и создания особой платы управления. Полезный сигнал извлекался и усиливался с помощью двух генераторов, которые управлялись специально разработанным программным обеспечением. Параллельно устранялись некоторые недостатки пьезокварцевых камертонов (наклон резонансной характеристики, эффект антирезонанса и др.). На данном приборе, помимо СБОМ-измерений, в режиме «на отражение» проводились измерения спектров КР синего крезилового красителя на золотой площадке с целью получить эффект ГКР при использовании серебряных и золотых игл. Однако пока не удалось получить отличное разрешение и значительное возрастание (усиление свыше $k>3$ раз) сигнала КР на острие зонда. В настоящее время ведутся исследования и разработки в данном направлении.

Существуют также другие оптические схемы и методы с возможностью исследования непрозрачных образцов в режиме «на отражение» (см. рис. 5). Зонд подводится к образцу сверху, объектив находится сбоку и собирает отраженное (рассеянное образцом) излучение, которое затем регистрируется фотоприемником. При реализации оптической системы «на отражение» используются лазерный и люминесцентный режимы (рис. 5). Данный метод обладает серьезными недостатками: линзы, которые можно использовать в данной конфигурации, обладают малой апертурой, поэтому регистрируется довольно малая часть излучения из-под зонда. Кроме того, в данном случае, используется обратная связь по методу «поперечной» силы, что может повредить зонд и сильно изменить его апертуру зонда при подводе и сканировании. С практической стороны, существует сложность в точной настройке совмещения длиннофокусной линзы с кончиком зонда, а также удержания их взаимного расположения в силу механических и тепловых дрейфов в течение длительного времени работы.

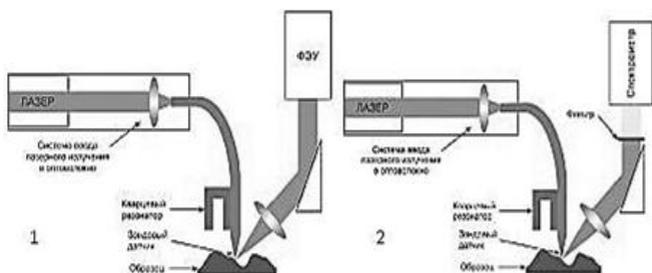


Рисунок 5. 1 — Лазерный метод. 2 — Люминесцентный метод

Предлагаемый метод работы режима «на отражение» выгодно отличается от предыдущего: простота настройки, возможности использования объективов с высокой апертурой, совмещения с другими режимами работы, использования чувствительных фотодетекторов, а также высокая чувствительность при подводе образца к зонду.

Выводы

1. Разработан и изготовлен новый прибор, реализующий режим работы в режиме на отражение в микроскопии ближнего поля
2. В ходе проведения тестовых экспериментов создана оптимальная методика работы с новым прибором.
3. В результате тестирований, получены следующие результаты: коэффициент пропускания зондов оказался невысоким $T \sim 10e-6$. Оптическое разрешение: менее 200 нм, разрешение по оси Z менее 1 нм, латеральное разрешение ок. 100 нм. Для сравнения в конфокальной микроскопии разрешение не менее 400 нм.
4. Кроме того, прибор показал высокую стабильность работы и низкие шумовые характеристики в сочетании с прекрасным пространственным разрешением (менее 100 нм).

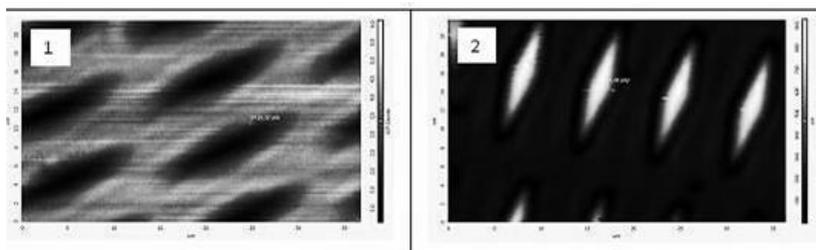


Рисунок 6. Образец — калибровочная решетка SNG01:
1. СБОМ-изображение решетки регистрацией сигнала с ПЗС-камеры Peak_Value_Count_472_473_nm, NA=0.9, $\lambda=473$ нм. Разрешение 200 нм, режим на «пропускание». 2. Конфокальное изображение образца с помощью ФЭУ, лазер $\lambda=632.8$ нм, объектив NA=0.9

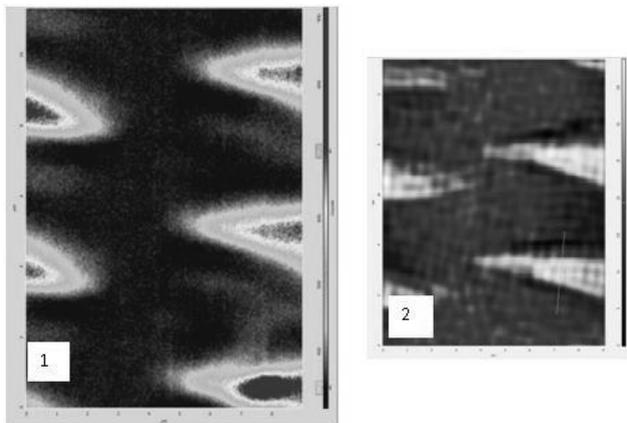


Рисунок 7. 1. — Изображение образца в режиме на «отражение». Сигнал *Area_Count_632_634_nm*. Разрешение 276 нм, лазер $\lambda=632.8$ нм, объектив $NA=0.7$. 2. — Топография решетки, разрешение по оси Z: 0.57 нм

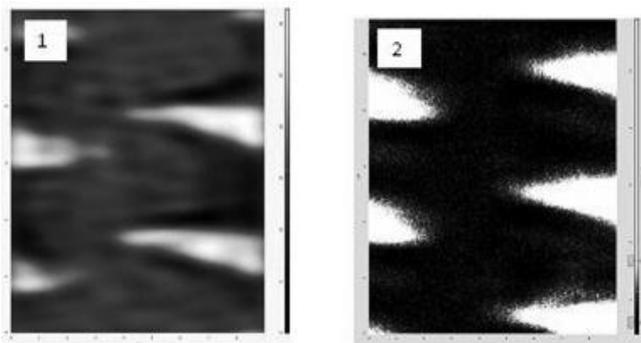


Рисунок 8. 1. — Изображение топографии образца (после Фурье-фильтрации). 2. — Изображение образца в режиме на «отражение». Сигнал *Peak_Value_Count_632_634_nm*

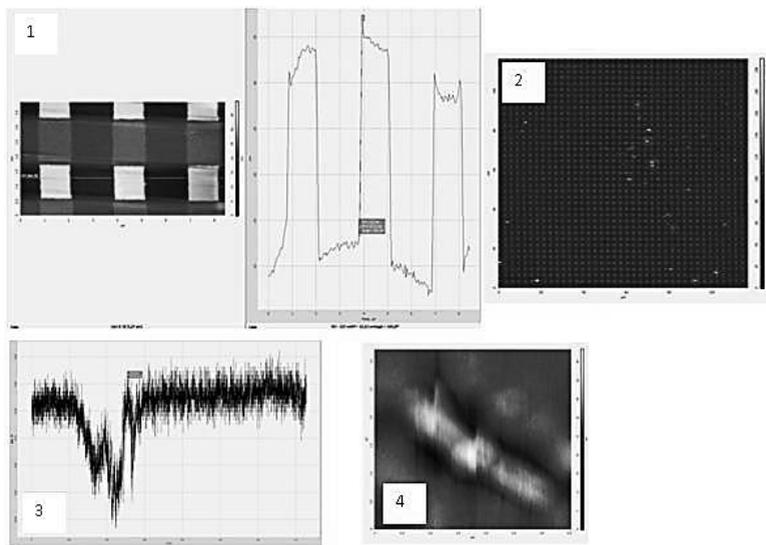


Рисунок 9. 1. — Пространственное разрешение по осям XY ок 100 нм (зависит от радиуса кривизны зонда). Образец: решетка TGQ1. Измерение стабильности работы столика: 2. — Время получения скана 9 часов (минимальная скорость сканирования: 0,03 Гц, число точек 1024*1024, полный диапазон 100*100 мкм). Образец: решетка TGQ1. 3. Дрейф амплитуды раскачки столика со временем $\Delta mag/\Delta t$ менее 5 пА/10 мин., что составляет ~0,003 % от текущего значения Mag на резонансной частоте. Значение SetPoint при «мягком» подводе зонда к образцу на 0,1—0,2 нА меньше резонансного значения Mag. Исходя из этих данных, можно сказать, что стабильность работы столика высокая. 4. — Изображение топографии углеродной нанотрубки

Список литературы:

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. — Нижний Новгород: Институт физики микроструктур РАН, 2004. — 116 с.
2. Chibani H., Dukenbayev K. Near-field scanning optical microscopy using polymethylmethacrylate optical fiber probes — Ultramicroscopy, pp. 211—216, 18 November 2009.
3. Hecht B., Deckert V., Martin O. Scanning near-field optical microscopy with aperture probes: Fundamentals and applications. — The Journal of Chemical Physics, vol. 112, No. 18, pp. 7761-7774, 8 May 2000.

СЕКЦИЯ 14.

МЕТОДОЛОГИЯ И ФИЛОСОФИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИИ НА УСКОРЕНИЕ РАЗВИТИЯ ОБЩЕСТВА

Фомин Игорь Николаевич

*директор, Общество с ограниченной ответственностью «ОргЦентр
ЭнергоКБ», г. Москва
E-mail: fomin@orgcentr.org*

IMPACT OF INFORMATION ON THE ACCELERATION OF THE DEVELOPMENT

Igor Fomin

Director, Limit liability company "OrgCentr EnergoKB", Moscow

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается роль информации в обществе и ведется анализ влияния объема генерируемой, хранящейся, передаваемой и обрабатываемой информации на темпы развития общества. Особое внимание уделяется рассмотрению категорий «время», «информация», «общество» как составляющих единой информационной системы Вселенной. Рассматриваются вопросы нелинейности развития социальной информационной системы и взаимное влияние времени, информации и общества согласно теории С. Капицы об анализе общества как сложной устойчивой сетевой системы.

ABSTRACT

The article examines the role of information in society and impact analysis is the amount of data stored, transmitted and processed information on the rate of development. Special attention is paid to the categories of "time", "information", "society" as a single component of the information system of the universe. The problems of non-linearity of social information system and the mutual influence of the time, information and society according to the theory of the analysis S. Kapitsy society as a complex network system stable.

Ключевые слова: информация; время; общество; информационная система.

Keywords: information; time; society; information system.

Мировое общество в конце XX века столкнулось с новыми явлениями: появление компьютеров, формирование постиндустриальных информационных обществ. Информатизация общества затронула все направления человеческой деятельности. Человечество десятки тысяч лет прожило в первобытном состоянии, тысячи лет в состоянии доиндустриального общества, пару сотен лет в эпоху индустриального общества и сейчас шагнуло в стадию постиндустрии. Скорость, с которой меняется общество, техника и технологии, глубина влияния их на повседневную деятельность человека превзошла воображение фантастов.

Совсем недавно от теоретических исследований до технических инноваций проходило сотни лет, поскольку техника и технология существенно отставали от фундаментальной науки. Теперь же динамика развития бизнеса и интеграции требует использования новых научных идей сразу же после их появления. На фоне этого наблюдается бурный рост объёмов генерирующейся, передающейся и хранящейся информации.

Наука, изучающая все аспекты получения, хранения, преобразования, передачи и использования информации носит название информатика [8, с. 14]. Эта наука исследует разные стороны ключевой сущности человечества — информации, исходя из практических задач и теории информации.

С древних времён человек использовал свой мозг как непревзойдённую машину для генерации хранения и обработки информации. Информация поступала в мозг через органы чувств, передавалась вербальными способами, переносилась на расстояния и записывалась на носители от наскальных рисунков и текстов до рукописных книг. На заре человечества информация передавалась из уст в уста, а информация о секретах мастерства ремесленника, врача, земледельца тщательно оберегалась от конкурентов. Позже информация хранилась в монастырях, доступ к ней имел только определенный, очень узкий круг людей, а обрабатывалась она всё тем же приспособлением — мозгом человека. Развиваясь, человек начал создавать для хранения и переработки такой информации различные приспособления и устройства.

С развитием цивилизации увеличивался объём информации, которую генерировало, искало, классифицировало, хранило, передавало и обрабатывало человечество, увеличивалось и влияние различной информации на быт и культуру человека. Можно констатировать ускорение некоторых видов деятельности человека (обучение и распространение ремёсел, обрядов знаний о мире) с появлением типографий и издательств. А уже через несколько сотен лет на человека обрушился настолько большой поток информации, что возникла проблема ориентации в этом потоке, поиска наиболее ценной информации в данный момент времени, а также возникла проблема защиты интересов владельцев информации, т. е. проблема защиты информации. Именно в этот период стало явно прослеживаться истина «кто владеет информацией, тот владеет миром». В современном постиндустриальном мире эту фразу правильнее произносить так: «Кто управляет информацией, тот управляет миром».

В настоящей работе автором была рассмотрена роль информации в обществе и сложных технических, природных и социальных системах, проанализировано влияние объёмов генерируемой, хранящейся, передаваемой и обрабатываемой информации на темпы развития общества.

При рассмотрении роли информации в обществе и анализе влияния потоков информации на темпы развития Вселенной и общества, как части Вселенной, невозможно обойтись без постулатов Эйнштейна. Для начала нужно дать определение времени — основного понятия как философии, так и физики.

Время

Время — это условная мера движения материи и потоков информации, а также одна из координат пространства.

Считается, что время имеет необратимое течение, протекающее в каком-либо направлении пространства, внутри которого происходят некие процессы, в результате которых генерируется информация.

Время может быть рассмотрено в разных формах: в виде координаты события на временной оси (абсолютное время); в виде интервала между двумя событиями (относительное время); в виде субъективного параметра при сравнении нескольких процессов (социальное время).

Историками и социологами признано, что время можно представить в виде спирально развивающегося потока, то есть оно циклично, в нём происходит неизменное повторение уже происшедших событий. Прошлое служит образцом для настоящего. Будущее

является повторением настоящего [25, с. 76]. Если пытаться найти прошлое в будущем и настоящем, то это можно сделать лишь методом сравнения информации о прошлом, настоящем и будущем, а следовательно, информация — есть некий критерий времени.

И. Кант определил время как эмпирическое понятие, выводимое из опыта, как форму чувственного созерцания, как априорное формальное условие всех явлений вообще [10, с. 59]. Результатом опыта и созерцания является информация о явлении.

А. Эйнштейн определяет время как четвёртую меру измерения пространства. Специальная теория относительности (СТО) А. Эйнштейна устанавливает связь между временем и пространством, что проявляется в сокращении длин и длительностей при движении тела, а также предсказывает эффект возрастания массы тела при увеличении его скорости. Эйнштейн отрицает мгновенную связь между любыми событиями, происходящими в разных точках пространства, т. к. максимальная скорость распространения потоков информации и воздействия равна скорости света в вакууме [25, с. 83]. В отличие от законов механики Ньютона, где время рассматривалось абсолютным, протекающим одинаково, безотносительно к чему-либо внешнему, в СТО доказывается, что в разных системах отсчёта время протекает по-разному и ставит в зависимость материю, пространство и время.

Наличие в материи молекул, атомов, их ядер с положительными и отрицательными зарядами говорит о том, что с одной стороны, что эти элементы содержат информацию о материи, а с другой стороны, они являются формой существования энергии. Таким образом, в философском контексте время связывает понятия информации и энергии.

Вселенная — это информационная система, главным динамическим атрибутом которой, является время. Изменение форм энергии во Вселенной, как последовательность развёртывания материальных процессов — есть время. Так же изменение форм энергии во Вселенной генерирует потоки информации о материи, которые сами являются энергией. Вселенная расширяется с ускорением. Ускорение Вселенной объясняется наличием в ней тёмной энергии, питающей ускорение расширения Вселенной. Эта цепочка взаимосвязанностей приводит к двум предположениям:

- Энергия, питающая расширение вселенной, — есть поток информации, генерирующейся во Вселенной в результате изменения форм энергии;

- Течение времени постоянно ускоряется соизмеримо со скоростью расширения Вселенной и объёмом генерируемой во Вселенной информации.

Информация

Информация (от лат. *Informatio* — разъяснение, изложение, осведомление) — значимые сведения о чём-либо [8, с. 74]. Информация, как и время, может быть абсолютной (или объективной), относительной (или субъективной) и социальной.

Совсем недавно, человечество и не пыталось давать определение информации, измерять её объёмы и коррелировать её потоки со временем, сейчас же находят много различных определений.

Вероятно, на каждом этапе развития общества информация имела различные определения, в зависимости от целей и задач её использования, методов и инструментов её обработки, а также в зависимости от роли информации в обществе и сложных технических, природных и социальных системах.

Рассмотрим свойства абсолютной, относительной и социальной информации с точки зрения философии и современной науки и попытаемся определить, чем обусловлены те или иные свойства информации и информационных потоков.

С точки зрения философии, информация — основополагающие понятия формализованного отражения объективной реальности, как материя, пространство, время, системность, функция, определяющие системность мироздания. Существование информации как объективного свойства материи логически вытекает из известных фундаментальных свойств материи — структурности, непрерывного изменения (движения) и взаимодействия материальных объектов.

Информация — свойство материи и свойство времени, поскольку отражает их свойства, а её количество подлежит, как и время, измерению. Информация — это порядок следования объектов материального мира, который может быть статическим, а может образовывать поток.

С точки зрения информатики и математики информация — это последовательность данных, которые записаны в вектор. Свойством информации в этом контексте является её создание, запись, хранение, чтение.

В физике и математике и кибернетике информация определена как свойство материальных объектов и связано с понятием «сигнал» и «сообщение», с понятиями характеризующими потоки информации [5, с. 17].

Носителями сигналов и сообщений, т. е. носителем информации во Вселенной является свет. Свет представляет собой поток мельчайших заряженных энергетических квантов называемых фотонами. Согласно СТО, любая материя создана из света (т. е. из информации), представляя собой его более низкий уровень преобразовываемой энергии. В результате процессов преобразования энергии, генерируются потоки информации, являющиеся энергией, влияющей на темпы развития Вселенной. Логично предположить, что потоки информации, которые генерировало общество на разных этапах своего развития, тоже оказывали влияние на темпы развития общества.

На разных этапах социального развития, социуму приходилось обрабатывать всё больше информации. Причины социального развития связаны с осознанием роли знания, информации в общественной динамике. Генерация, поиск, передача, обработка, хранение, смысловая трансформация, тиражирование и распространение знаний занимало всё большее место в деятельности людей. На любом этапе развития общества информация становилась всё более ценным продуктом и товаром. В разные периоды времени можно было дать разные определения информации.

Дадим несколько определений информации в современном обществе.

- Информация — это совокупность сведений, необходимых для активного воздействия на управляемую систему, с целью её оптимизации;
- Информация — это ценнейший интеллектуальный ресурс в системе жизнеобеспечения общества, важнейшая часть его интеллектуальной собственности, доля которой всё более растёт в современном мире [25, с. 72].

Информация для общества и для индивидуума — это в первую очередь обладание ответами на вопросы, позволяющими решать поставленные задачи или достигать цели. Такая информация для общества и для индивидуума — это знание.

Общество

В философском плане, человечество или общество — является своего рода Вселенной, стоящее в одном ряду с такими понятиями как время, пространство, информация, и во взаимном влиянии этих космологических понятий. Как и у терминов «время» и «информация», у термина «общество» есть огромное количество определений.

Общество — это развивающаяся во времени и в пространстве информационная система, характеризующаяся совокупностью всех

видов взаимодействия и, главным образом, информационным взаимодействием. Информационное взаимодействие в обществе формирует социальную систему.

В настоящей работе ставится предположение, что любое общество в своём развитии во всё большей степени является информационным.

Надо полагать, что изобретение колеса в глубокой древности совершило промышленный переворот, постройка египетских пирамид стала возможным благодаря концентрации производственных сил, а создание изобретение пороха и огнестрельного оружия стало возможным благодаря превращению науки в непосредственную производительную силу. Конечно, экономической основой информационного общества являются отрасли информационной индустрии (телекоммуникационная, компьютерная, электронная, аудио-визуальная), но и создание в средние века в разных странах почтовой государственной службы, телеграфа и радио тоже являлось новой технологией коммуникации.

На разных этапах развития обществ существовали разная правовая, экономическая и технологическая основа. Технологическая основа информационного общества — это телекоммуникационные и информационные технологии, которые стали лидерами технологического прогресса на своём этапе.

Конечно, согласно Л. Рейману на современном витке развития информационному обществу стали присущи новые свойства [22, с. 54], которые на ранних этапах были ничтожными:

- приоритетное значение информации по сравнению с другими ресурсами;
- доминирование информационного сектора в общем объёме ВВП;
- формирование в качестве главной ценности — экономии времени за счёт использования новых телекоммуникационных и компьютерных технологий;
- информация, знания и квалификация становятся главными факторами власти.

Эти и другие характеристики, выделенные А. Ракиным, к которым относятся доступность информации, производство информации в объёмах, необходимых и достаточных для обеспечения жизнедеятельности и развития общества ускоренная автоматизация и преимущественное развитие сферы информационной деятельности и услуг [25, с. 88], существенно отличают современное информационное общество от ранее существовавших.

Огромные потоки информации, объединённые в сети, начинают формировать некую нейронную сеть или неразумную биосферу, которая подобно мозгу влияет на общество и, пронизывая его своими информационными потоками, ускоряет жизнь общества.

На каждом этапе развития общества человечество генерировало информацию, увеличивая её объём, и эта информация ускоряла развитие общества. В постиндустриальном информационном обществе объёмы генерируемой информации стали невообразимо большими и, слившись в глобальные потоки, превратились в энергию, ускоряющую развитие общества.

Общество как социальная информационная система

Информация во всех её проявлениях либо статично хранится, либо динамично генерируется, передаётся и обрабатывается. Генерация, передача, обработка хранения информации происходит в минаралах и белках, в нейронах мозга, в гравитационной, энергетической и временной составляющих Вселенной, на бумаге, магнитных носителях или любых других объектах, где происходят информационные процессы. Информация — это способ организации объектов в системе.

Объекты — это сущности, которые могут быть материальными (атомы, молекулы, клетки) или нематериальными (время, скорость, различные виды числа), образующие систему.

Согласно В. Тьютину система есть множество связанных между собой компонентов той или иной природы, упорядоченное по отношениям, обладающим вполне определенными свойствами [24, с. 162]. Общество и его история есть тоже некая социальная система, генерирующая, хранящая, передающая и обрабатывающая информацию. Общество и его история, как любая сложная система, характеризуется наличием компонентов, их связями и отношениями, фазами, этапами и уровнями развития.

Социальная система — это особый, высший из известных нам тип материальной системы. И одна из особенностей общества, тесно связанная со всеми другими его характерными чертами и отличающая его от других типов систем — это способность к информационно-отражательным процессам особого рода [20, с. 79].

Можно выделить следующие процедуры и основные операции, которые общество производит с различными видами информации:

- Генерация информации;
- Извлечение информации из Вселенной и окружающей природы;
- Накопление информации;

- Обработка и агрегирование информации;
- Передача информации в пространстве и времени.

Общество структурирует генерируемую и обрабатываемую информацию, обеспечивая устойчивость системы. На ранних этапах для этого использовались традиции, верования, моральные устои, потом национальное самосознание, культура, государственность, сейчас это стандарты, протоколы информационного обмена, базы данных, файловые системы, в будущем это могут быть новые невообразимые формы. При анализе общества как сложной устойчивой системы С. Капица обнаружил, что описание такой системы не следует начинать с рассмотрения более простых элементов, из которых она состоит (как, например, описание истории человечества начинают обычно с описания отдельных стран). В сложной системе, по определению, необходимо учитывать взаимодействие всех составляющих ее частей. Более того, отдельный человек как элементарная частица общества, занимающаяся переработкой и структурированием информации, представляет собой далеко не элементарный объект системы. Его поведение зависит как от его внутреннего состояния, так и от взаимодействия с внешней средой, обществом.

Нелинейность развития социальной информационной системы

С целью выявления фактора нарастания генерируемых и структурируемых объемов информации, а также объемов, пока не поддающихся обработке и хранению, в качестве альтернативного, предлагается путь обобщений, когда в сложной системе выделяют самое главное, что ее характеризует. Поскольку нас интересует динамика объемов информации и влияние их на ускорение исторического времени, то динамической характеристикой такой системы может стать численность населения Земли.

Если общество представить как сложную сетевую систему, то С. Капица заметил, что понятие сложности приобретает здесь более узкий и точный смысл. Сложность, вернее, сетевая сложность системы выражается через квадрат числа элементов (или узлов в сети) в системе [12, с. 48]. Именно этим выражением сложности определяется темп развития демографической системы человечества, который привел к нелинейному уравнению для функции роста. Вероятно, что аргументами этой функции должна стать нелинейная переменная объема информационного потока во Вселенной и количество информации генерируемой и обрабатываемой обществом.

Интересно, что основные законы диалектики тоже подтверждают утверждения о том, что природа общества — есть закономерности генерации обработки и хранения информации. И. Акчурин и А. Урсул ещё в 60-е годы прошлого века, заметили, что действие основных законов диалектики можно наблюдать анализируя информационные процессы общества как системы [2, с. 36].

Поскольку существуют информация как энергия, извлекаемая обществом из природы, и информация как продукт, перерабатываемый обществом и переносимый обратно в природу, то, вероятно, должен проявить себя закон единства и борьбы противоположностей. При обмене информацией между системой и внешней средой, часто имеет место взаимное влияние общества как информационной системы на среду как внешнюю информационную систему и наоборот.

Поскольку одним из представлений о времени является представление его в виде спирали, то логично признать, что общество развивается по спирали. При прохождении каждого витка общественного развития в обществе как в системе происходит накопление заключенной в ней информации. На предыдущем витке развития информация, сгенерированная или извлечённая из природы, накапливается в виде свободной информации, что не влечёт пока изменений её качественной определенности. На следующем витке свободная информация переходит в связанную, это приводит к закреплению полученных знаний в структуре системы. Последующее изменение структуры есть, очевидно, качественное изменение. В этом проявляется закон перехода количества в качество.

Спиральное развитие общества предполагает, что на следующем ветке развития повторяются некоторые черты, свойственные предыдущим виткам. При этом имеет место поочередное отрицание отдельных частей системы. Повторяя одну из предшествующих своих черт, система производит воспроизведение прошлой структурной информации. Так проявляет себя в информационных системах закон отрицание отрицания.

Возможно, на ранних этапах развития общества человечество воспринимало информацию согласно своему линейному развитию, увеличивая объёмы обрабатываемой информации линейно, но с каждым витком спирали проявлялся всё более заметный нелинейный характер развития общества и проявления нелинейности времени.

С помощью диалектической философии С. Капица разработал модель, в которой в логарифмическом масштабе представлено время. Такое представление времени традиционно принято в антр-

опологии [12, с. 56]. Развитие общества легко смоделировать в такой шкале от каменного века, который начинается с нижнего палеолита, длительностью в миллион лет, и до неолита, длительностью всего в 7 тыс. лет.

Модель Капицы показывает, что общество как система находится в нелинейной временной структуре. Если поделить всё развитие человечества от его возникновения T_0 до момента глобального демографического перехода T_1 на 12 периодов, равномерно разделяющих все время роста, и если его представить не в линейном, а в логарифмическом масштабе, то окажется, что в этой последовательности каждый следующий цикл короче предшествующего в $e=2,72$ раз. То есть на первом этапе можно предположить, что в этой пропорции сокращается продолжительность исторических периодов и в такой же мере в течение каждого из них растет население Земли. Количество людей, равное 9 млрд., которые жили в течение каждого периода, оказывается постоянным, начиная от нижнего палеолита до наших дней.

Логично предположить, что определённое количество людей на каждом этапе генерировали определённое количество информации, хранили и обрабатывали не только её, но и информацию с предыдущих периодов, но только в большем объёме и в меньшем промежутке времени.

Если история общества ускоряется, ускоряется относительное время, то должна ускоряться и жизнь каждого человека, должно ускоряться социальное время. По крайней мере, восприятие времени отдельным человеком должно быть неравномерным. Свойства восприятия времени человеком связаны с особенностями информационных процессов в индивидуальном и общественном сознании, то есть с объёмом обрабатываемой информации в качественных, количественных и обменных критериях.

Развитие общества в целом можно описать как эволюцию саморазвивающейся, взаимосвязанной и взаимозависимой системы с управляющим воздействием на неё информации извне и информации, которую оно само производит.

При этом происходит также и усреднение времени, при котором скорость роста зависит не от мгновенного значения населения мира, а от его среднего значения в течение времени усреднения, которое становится все больше по мере ухода в прошлое [12, с. 67]. При этом самой подходящей мерой развития общества должен стать объём информации, которое оно генерирует, извлекает из природы, накапливает, обрабатывает, передаёт.

Согласно В. Кремянскому эволюционирующая система — это система, способная воспроизводить себя и существовать в исторические отрезки времени на базисе систем низших интегративных уровней. Для общества этот базис — неразумная биосфера. Для поддержания на Земле цивилизации на доиндустриальном уровне требуется племя в несколько сотен человек, поддержание цивилизации на индустриальном уровне требуются сотни тысяч людей. Постиндустриальная цивилизация в полном объеме может поддерживаться только государством с сотнями миллионов жителей, в ближайшие десятилетия эта величина приблизится к миллиарду. Таким образом, увеличение объёмов информации требует увеличения населения планеты.

Спиралеобразный и нелинейный темп развития общества можно сравнить с фазовыми переходами в термодинамике. Как и в фазовом переходе, переход общества на следующий этап происходит при изменении внешних условий. В физике разные термодинамические фазы описываются различными уравнениями состояния. Теми же «термодинамическими» свойствами обладает общество при изменении объёмов обрабатываемой информации, это означает, что всегда можно найти величину, которая скачкообразно меняется при фазовом переходе. Очевидно, этими величинами является не только численность населения, но и величина обрабатываемой информации.

Потоки информации генерируемые миллиардами людей, собранные в сети, как нейроны генерируют управляющие воздействия на общество и на отдельные его элементы, следовательно, это реальная энергия, управляющая обществом и ускоряющая историческое время.

Кроме этого, общество является частью Вселенной, которая является также сложной системой, которая при ускорении расширяется и, усложняясь, генерирует всё больше информации.

Взаимное влияние времени, информации и общества

М. Сухарев заметил, что в развитии общества видна еще одна закономерность: ускорение роста сложности во времени. Если экстраполировать эту тенденцию в будущее, то получится, что скорость развития общества должна увеличиться настолько, что общественно-экономические формации начнут сменяться каждые пятьдесят, десять и меньше лет, а человечество в течение XXI века объединится в сверхгосударство. Казалось бы, этот прогресс должен неизбежно замедлиться, так как качественно новые состояния общества не могут появляться каждый день, час, минуту. Тенденция к увеличению объёмов информации, к ускорению усложнения общества сохранится, по крайней мере, в обозримое время. Информационные

системы и глобальные сети, по мнению М. Сухарева, являются определенным этапом в эволюции Вселенной и продолжают отмеченную тенденцию к самоусложнению материи [23, с. 167].

С. Капица попытался рассмотреть рост скорости развития общества на стыке современной физики и ряда исторических наук. Он назвал этот рост «ускорением исторического времени» и при его исследовании применил междисциплинарные границы между областями знания, разделенными как традицией образования, понятийным аппаратом, так и методами исследований. [13, с. 45]. Для этого были использованы исследования И. Ковальченко и его последователей с применением математических методов в истории [15, с. 138]. Исследования количественных закономерностей роста человечества Капица основал на применении современных представлений о динамике сложных систем по отношению к описанию процесса исторического развития [14, с. 74].

История человечества — это развитие взаимосвязанной системы, в которой постоянно увеличивается поток информации и для которой, помимо внешнего, физического времени, можно ввести представление о внутреннем, системном времени.

Ускорение исторического времени является результатом информатизации общества и усложнения информационных систем, созданных как самой природой, так и человеком.

Причину ускорения исторического времени нужно искать в ускоряющихся потоках информации, которые пронизывают Вселенную, а также в ускоряющихся потоках информации, которые человечество генерирует самостоятельно.

Что касается информации, которую человечество генерирует самостоятельно, то, как отметил С. Капица, «наша эпоха отмечена пределом сжатия исторического времени». Именно это приводит к вышеописанным постиндустриальным последствиям, именно поэтому нашу эпоху следует считать временем информационной и демографической революции, подобной которой не было в истории человечества.

Укрупнённое деление истории на доиндустриальную, индустриальную и постиндустриальную можно также сравнить с различными агрегатными состояниями вещества. Известно, что далеко не каждый фазовый переход вещества сопровождается сменой агрегатного состояния, но любая смена агрегатного состояния есть фазовый переход.

Теория глобального роста населения, рассматривающая перемены как фазовый переход, указывает на смысл происходящих в мире изменений, а фазовые переходы группирует в «агрегатные состояния»

общества. При этих переходах происходит сжатие исторического времени [11, с. 84]. При сжатии времени увеличиваются объёмы информации в каждом фазовом переходе, ускорение роста и разрывы пространственных и временных связей. Этим можно объяснить динамическую причину распада империй, нарушение порядка в организации общества, рост множества негативных явлений, внезапно обрушившихся на человечество.

В демографической системе история развития человечества — это течение времени, которое необратимо, дискретно и неравномерно. Это проявляется, когда развитие человечества представлено на логарифмической шкале времен, а самые крупные эпохи, выделенные в антропологии и истории, отождествляются с демографическими циклами, периодами, равномерно разделяющими в логарифмическом представлении рост человечества за все время его развития. В процессе нашей жизни мы живём в абсолютном линейном, равномерном, ньютоновом времени. Оно объективно измеряется часами или годами. Однако, как литература, так и наш собственный опыт показывают, что в течение жизни, особенно в детстве и старости, усиливается влияние на человека относительного и социального времени. Недаром говорят, что «счастливые часов не наблюдают», а в неволе время тянется невыносимо долго [12, с. 58].

Историческое относительное время следует воспринимать в логарифмической шкале, и оно задается масштабом демографических циклов. Эти циклы С. Капица назвал демографическими, так как они возникают из модели роста населения Земли. Несмотря на то, что конкретных демографических данных усмотреть в этих циклах практически невозможно, эти оценки вполне соответствуют расчетам, поскольку они относятся к периодам, выделенным археологами в каменном веке на основе анализа развития технологий каменных орудий, и никак не связаны с ростом населения.

Модель С. Капицы основана именно на связи роста населения и развития, причем развитие выражено как функция населения. Так развитие увязывается с населением, и потому демографические циклы модели становятся периодами, отражающими технологическое и социальное развитие. Вполне логично сделать предположение, что для любого ускорения, в том числе для ускорения времени, нужна некая энергия и эта энергия — есть различные потоки информации.

Используя современные космологические модели, можно предположить, что вся наша Вселенная на момент своего образования могла быть описана ничтожным количеством информации, возможно, десятком или сотней байт. При образовании атомов, молекул, тел,

жизни, общество во Вселенной наблюдается её расширение, усложнение и наполнение информацией. Нелинейное ускорение расширения Вселенной должно вести к нелинейному сжатию времени, в противном случае Вселенная лопнула бы как мыльный пузырь. Расширение Вселенной, вероятно, происходит за счёт тёмной энергии, которая, по сути, есть потоки информации, генерируемые Вселенной и питающая её расширение и ускорение времени.

Рассмотрев время как меру движения не только материи, но и потоков информации, рассмотрев информацию, как свойство времени, можно смоделировать систему, описывающую взаимное влияние времени, информации и общества (Табл. 1).

Таблица 1.

Взаимное влияние времени, информации и общества

	Время	Общество	Информация
Динамика времени		Ускоряющееся время влияет на развитие общества	Ускоряющееся время влияет на объёмы информации
Развитие общества	Развивающееся общество ускоряет течение исторического времени		Развивающееся общество увеличивает объёмы информации
Накопление информации	Увеличивающиеся объёмы информации ускоряют течение времени	Увеличивающиеся объёмы информации ускоряют развитие общества	

Приведённая структура объединяет понятия времени, общества и информации в замкнутую систему. Ускоряющаяся динамика времени ускоряет развитие общества и увеличивает объёмы информации, как во Вселенной, так и в обществе. Технологическое, коммуникационное, информационное и культурное развитие общества ускоряет темп исторического времени и приводит к увеличению генерируемой, передаваемой, обрабатываемой и хранимой информации, также как и развитие Вселенной увеличивает объёмы информации в ней. Увеличение объёмов информации и информационных потоков в космологическом плане ускоряет течение времени, а в общественном плане приводит к ускорению исторического времени, замыкая единую систему.

Рассмотрев роль информации в обществе и сложных технических, природных и социальных системах, проанализировав влияние объёмов генерируемой, хранящейся, передаваемой и обрабатываемой информации на темпы развития общества, можно констатировать, что объёмы информации влияют на ускорение времени как в человеческом обществе, так и во Вселенной. Поток информации, генерирующийся во Вселенной, отражается в структуре тёмной энергии, следовательно, может считаться энергией ускорения расширения Вселенной, а поток информации, генерирующийся обществом, отражается в структуре исторического времени и может считаться энергией ускорения развития общества и энергией, сжимающей историческое время.

Список литературы:

1. Абдеев Р.Ф. Философия информационной цивилизации. М.: 1994.—167 с.
2. Акчурина И.А. Развитие кибернетики и диалектика // Вопросы философии. — 1965.— № 7.—С. 28—37.
3. Белл Д. Грядущее постиндустриальное общество. Опыт социального прогнозирования. М.:1999. — 243 с.
4. Белл Д. Социальные рамки информационного общества
5. Глушков В.М., Амосов Н.М. и др. Энциклопедия кибернетики. Киев, 1975.— 369 с.
6. Голубинцев В.О., Данцев А.А., Любченко В.С. Философия для технических вузов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. — 246 с.
7. Еляков А.Д. Современная информационная революция // Социологические исследования. — 2003. — № 10. — С. 15—26.
8. Захаров В.П. Информационные системы (документальный поиск): учебное пособие. СПб.: СПб. госуниверситет, 2002.—295 с.
9. Иванов Д. Общество как виртуальная реальность. Сборник: Информационное общество: Сб. М.: ООО «Издательство АСТ», 2004. — с. 67—153.
10. Кант И. Критика чистого разума. гл. II «О времени» 1994. — 348 с.
11. Капица С.П. Глобальная демографическая революция и будущее человечества // Новая и новейшая история. — 2004. — № 4. — С. 59—72.
12. Капица С.П. Об ускорении исторического времени. М.: 2004. — 157 с.
13. Капица С.П. Общая теория роста населения Земли. М.: 1999. — 182 с.
14. Катречко С.Л. Знание как сознательный феномен. М.: 2002. — 215 с.
15. Ковальченко И.Д. Методы исторического исследования. М.: 2003. — 148 с.
16. Константинов Ф.В., Богомолов А.С., Гак Г.М. и др. Основы марксистско-ленинской философии. М.: Политиздат, 1973. — 362 с.

17. Корюкин В.И. Вероятность и информация // Вопросы философии. — 1965. — № 8. — С. 36—47.
18. Кузнецов Д.В. Роль современных коммуникаций в формировании массового сознания // Философия и общество. — 2004. — № 3. — с. 52—71.
19. Московичи С. Век толпы. М.: 1998. — 216 с.
20. Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: 1984. — 238 с.
21. Пушкин Б.Г., Урсул А.Д. Информатика, кибернетика, интеллект. Кишинев: Штиинца, 1989. — 327 с.
22. Рейман Л.Д. Информационное общество и роль телекоммуникаций в его становлении // Вопросы философии. — 2001. — № 3. — С. 36—51.
23. Сухарев М. Взрыв сложности // КомпьюТерра. — 1998. — № 43. С. 13—43.
24. Тюхтин В.С. Отражение, системы, кибернетика. М.: Наука, 1972.—263 с.
25. Филосовский энциклопедический словарь. М.: 1998.—463 с.
26. Хрисанфова Е.Н. Перевозчиков И.В. Антропология. М.: 1991.—356 с.
27. The Encyclopedia of Human Evolution. Ed. By S. Jones. Cambridge University Press, 1994.—215 p.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ – ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»

Материалы XIV международной заочной научно-практической
конференции

10 октября 2012 г.

Под редакцией канд. техн. наук Якова Аркадьевича Полонского

Подписано в печать 17.10.12. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 11,375. Тираж 550 экз.

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

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