



# **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ — ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ**

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

№ 3 (40)  
Март 2015 г.

Издается с октября 2011 года

Новосибирск  
2015

УДК 62  
ББК 30  
Т 38

Ответственный редактор: Гулин А.И.

Председатель редакционной коллегии:

**Ахметов Сайранбек Махсutowич** — д-р техн. наук, проф., ректор Казахстанского университета инновационных и телекоммуникационных систем (КазУИТС), академик РАЕН, действительный член (академик) Национальной инженерной академии Республики Казахстан, заместитель председателя Западно-Казахстанского филиала НИА РК, директор Представительства Казахской академии экологии и безопасности жизнедеятельности» в г. Уральск.

Редакционная коллегия:

**Ахмеднабиев Расул Магомедович** — канд. техн. наук, доц. Полтавского национального технического университета им. Ю. Кондратюка;

**Барштейн Виктор Юрьевич** — канд. тех. наук, ст. науч. сотр., заведующий лабораторией Государственного учреждения «Институт пищевой биотехнологии и геномики Национальной академии наук Украины» (ИПБГ НАН Украины).

**Елисеев Дмитрий Викторович** — канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

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

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

**Т 38 Технические науки — от теории к практике / Сб. ст. по материалам XLIV междунар. науч.-практ. конф. № 3 (40).** Новосибирск: Изд. «СибАК», 2015. 136 с.

Учредитель: НП «СибАК»

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

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

## **Оглавление**

### **Секция 1. Информатика, вычислительная техника и управление 6**

КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В РЕЗЕРВУАРЕ 6

С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ  
МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ  
АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Боос Глеб Олегович

Гордеев Алексей Сергеевич

Просоедов Роман Александрович

Анохина Вероника Алексеевна

Сушенцев Дан Михайлович

МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ 14

ОРГАНИЗАЦИИ В ОБЪЕКТНО-ПРОЦЕССНОМ  
ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «СОВРА++»:

ЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ И СТРУКТУРА

Павлов Александр Михайлович

Шведенко Валерия Валериевна

Шведенко Петр Владимирович

### **Секция 2. Электроника 22**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СРОКА ХРАНЕНИЯ 22

КРЕМНИЕВЫХ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ СТРУКТУР  
МЕТОДОМ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Соколов Евгений Макарович

Стаценко Владимир Николаевич

Федотов Сергей Дмитриевич

### **Секция 3. Энергетика и энергетические техника и технологии 35**

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КЛАПАННОГО 35

МЕХАНИЗМА В ЦИЛИНДРЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО  
СГОРАНИЯ

Васильев Александр Викторович

Бахрачева Юлия Сагидулловна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ 40

МЕМБРАННЫХ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ  
УСТАНОВОК

Джунусова Ляззат Рысхановна

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ТЭЦ Плахута Андрей Дмитриевич	45
GREEN COMPUTING. СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ Тюрин Сергей Феофентович Андреев Роман Александрович Феофилова Полина Андреевна	51
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ САМОЗАПУСКЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ Шпота Артем Андреевич Орлов Дмитрий Викторович Планков Александр Анатольевич	55
<b>Секция 4. Горная и строительная техника и технологии</b>	<b>62</b>
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДЕТОНАТОРОВ Саханский Юрий Владимирович	62
<b>Секция 5. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии</b>	<b>70</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ МАРКИ СОНКОР-9011 В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ Насибуллина Оксана Алексеевна Ямилев Марат Замирович Биккинин Айдар Илшатovich	70
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМА «ЗАХОЛАЖИВАЮЩЕЙ» ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ КУЗНЕЧНОГО СЛИТКА НА ОСОБЕННОСТИ ЕГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТНЫХ ЗОН Зюбан Николай Александрович Руцкий Дмитрий Владимирович Галкин Антон Николаевич Гаманюк Сергей Борисович Пузиков Артемий Ярославич	77

НЕПРЕРЫВНОЕ ЛИТЬЕ МЕТАЛЛОВ ПРИ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ Алексеева Любовь Борисовна Уваров Виктор Павлович Гайфуллин Руслан Рамилевич	84
<b>Секция 6. Транспорт и связь, кораблестроение</b>	<b>90</b>
ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА НАСАДКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МИНИЛИФТЕРА НА УДЕРЖИВАЮЩЕЕ УСИЛИЕ Дубовой Александр Юрьевич Разумов Михаил Сергеевич Гречухин Александр Николаевич Кальченко Андрей Николаевич	90
<b>Секция 7. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология</b>	<b>97</b>
АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ Кравцова Марианна Викторовна Писклова Ольга Павловна Белова Ирина Викторовна	97
АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В КОМПОНЕНТАХ БИОСФЕРЫ Серёгина Дарья Сергеевна Коваленко Людмила Андреевна	110
<b>Секция 8. Организация производства и менеджмент, системы управления качеством</b>	<b>119</b>
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ Парфеньева Ирина Евгеньевна Шмелева Анастасия Алексеевна	119
ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ СБОРКИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В ОБЪЕКТНО-ПРОЦЕССНОМ ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «СОВРА++» Постников Алексей Максимович Шведенко Петр Владимирович	130

## **СЕКЦИЯ 1.**

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

#### **КОНТРОЛЬ УРОВНЯ ЖИДКОСТИ В РЕЗЕРВУАРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

***Боос Глеб Олегович***

*лаборант-исследователь,  
Южно-Уральский Государственный Университет, РФ, г. Челябинск  
E-mail: [glebboos@mail.ru](mailto:glebboos@mail.ru)*

***Гордеев Алексей Сергеевич***

*лаборант-исследователь,  
Южно-Уральский Государственный Университет,  
РФ, г. Челябинск*

***Просоедов Роман Александрович***

*лаборант-исследователь,  
Южно-Уральский Государственный Университет,  
РФ, г. Челябинск*

***Анохина Вероника Алексеевна***

*студент, Московский Институт Стали и Сплавов,  
РФ, г. Москва*

***Сушенцев Дан Михайлович***

*студент, Санкт-Петербургский Государственный Университет,  
РФ, г. Санкт-Петербург*

# **CONTROL OF THE LIQUID LEVEL IN THE TANK USING MODERN MICROCONTROLLERS IN AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS**

***Boos Gleb***

*assistant researcher, South Ural State University,  
Russia, Chelyabinsk*

***Gordeev Alexey***

*assistant researcher, South Ural State University,  
Russia, Chelyabinsk*

***Prosoedov Roman***

*assistant researcher, South Ural State University,  
Russia, Chelyabinsk*

***Anokhina Veronika***

*student, Moscow Institute of Steel and Alloys,  
Russia, Moscow*

***Sushencev Dan***

*student, Saint Petersburg State University,  
Russia, Saint Petersburg.*

## **АННОТАЦИЯ**

В данной статье представлено моделирование системы автоматического управления и регулирования уровнем жидкости с использованием современного микроконтроллера.

## **ABSTRACT**

This article presents the simulation of the automatic control and regulation system of liquid level using modern microcontroller.

**Ключевые слова:** Микроконтроллер; САУ.

**Keywords:** SAC; microcontroller.

Микроконтроллер представляет собой электронную микросхему, которая предназначена для управления электронными устройствами на производстве и в научных исследованиях. Данный элемент стал неотъемлемой частью управления техническими средствами. В этой статье будет рассмотрена автоматизированная система управления

жидкостью в резервуаре, в которой интегрирована система микроконтроллера SCHNEIDER ELECTRIC TSX PREMIUM. Система управления моделируется в визуализированной среде, специализированной для данного контроллера. Основная задача данной статьи заключается в том, чтобы на базе промышленного микроконтроллерного комплекса реализовать систему автоматизации управления виртуальным объектом.

Система имеет 4 входных сигнала в контроллер: датчик уровня, воды, температуры (аналоговый) и уровня хлора (аналоговый). Восемь выходов: на увеличение температуры, уровня хлора, открывание/закрывание четырёх заслонок, включения насоса и сигнала «Воды нет». Как минимум нужны два-три таймера. У компании Schneider Electric есть очень много интеллектуальных контроллеров, и из всего множества в лабораторной установке используем PREMIUM.

Его характеристики:

**Недельный таймер:** Да;

**Питание:** 24 В постоянного тока (19,2 В мин./ 30 В макс.);

**Количество дискретных входов:** 10;

**Номинальный ток:** 3 мА;

**Номинальное напряжение:** ~24 В;

**Количество релейных выходов:** 8;

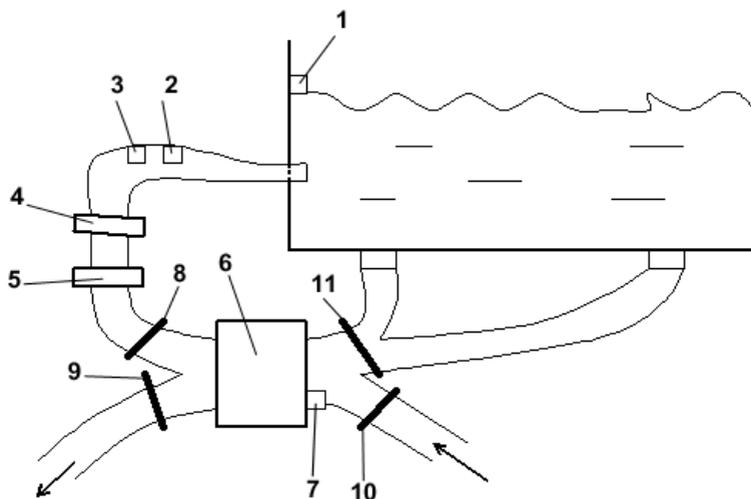
**Напряжение:** 5...150 В постоянного тока/24...250 В переменного тока, переменный ток 15 0,9 А/230 В постоянный ток 13 0,6 А/24 В;

**Количество аналоговых входов 0—10 В:** 2.

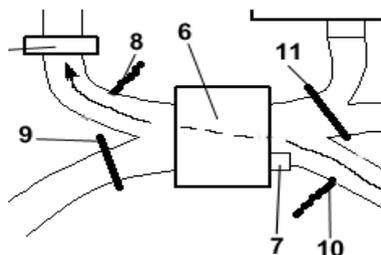
Система автоматического регулирования бассейном предназначена для полного управления бассейном: при включении она заполняет бассейн водой до нужного уровня; измеряет температуру и при необходимости нагревает её; измеряет уровень хлора в воде, и при нехватке хлорирует её, если же воды в трубах нет, она выдаёт сообщение «Воды нет». Система регулирования бассейном изображена на рис. 1. Такая система может применяться как для небольших, так и больших бассейнов. Технологическая конструкция расположения труб, двигателя, датчиков, нагревательного элемента и дозатора нас не интересует, т. к. этим занимаются инженеры-архитекторы. Включение/выключение управляющей системы осуществляется кнопками на панели контроллера. При включении открываются заслонки 8 и 10 (рис. 2). После десяти секунд датчик воды 7 зафиксирует наличие или отсутствие воды, и, исходя из этого, включает двигатель насоса или выводит надпись: «Воды нет» и закрывает все заслонки.

Далее, по мере накачивания, вода проходит датчики температуры и содержания хлора. Датчик температуры настроен так, что при нормальной температуре воды в бассейне он выдает 5 В. Если

температура, а, соответственно и напряжение меньше нормы, то включается нагревательный элемент. Он нагревает воду до того, пока датчик покажет значение 5 В и далее ещё нагревает одну контрольную минуту. Также работает и датчик уровня содержания хлора. Он настроен на 3,3 В. Если хлора меньше, включается дозатор хлора и далее работает ещё 5 секунд.

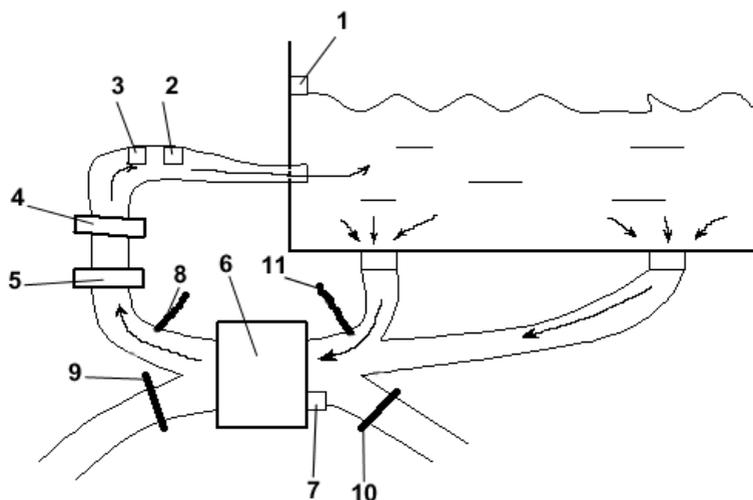


*Рисунок 1. Система регулирования бассейном: 1 — датчик уровня; 2 — датчик температуры; 3 — датчик содержания хлора; 4 — нагревательный элемент; 5 — дозатор хлора; 6 — насос; 7 — датчик воды; 8 — заслонка входа воды в бассейн; 9 — заслонка выхода воды из системы; 10 — заслонка входа воды в систему; 11 — заслонка выхода воды из бассейна*



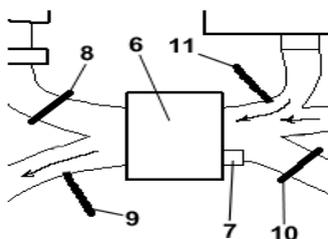
*Рисунок 2. Увеличенное изображение системы регулирования заслонок в момент открытия заслонок 8 и 10*

По мере накачивания воды, она доходит до заданного уровня, регистрируемого датчиком уровня 1 (рис. 3). При этом закрывается заслонка 10 и, одновременно, открывается заслонка 11. Т. е. открыты две заслонки: 8 и 11, и вода в бассейне начинает циркулировать. Теплая вода, выходящая из трубы, поднимается вверх, а холодная — вниз, и закачивается обратно в систему нагрева, дозирования.



**Рисунок 3. Изображение системы регулирования заслонок в момент открытия заслонок 8 и 11**

При выключении, кнопкой Z3, закрывается заслонка 8 (рис. 4), и одновременно открывается заслонка 9. Вода начинает выходить из системы. При выкачивании датчик воды регистрирует наличие/отсутствие её. При полностью выкачанном бассейне все заслонки закрываются.



**Рисунок 4. Увеличенное изображение системы регулирования заслонок в момент открытия заслонок 9 и 11**

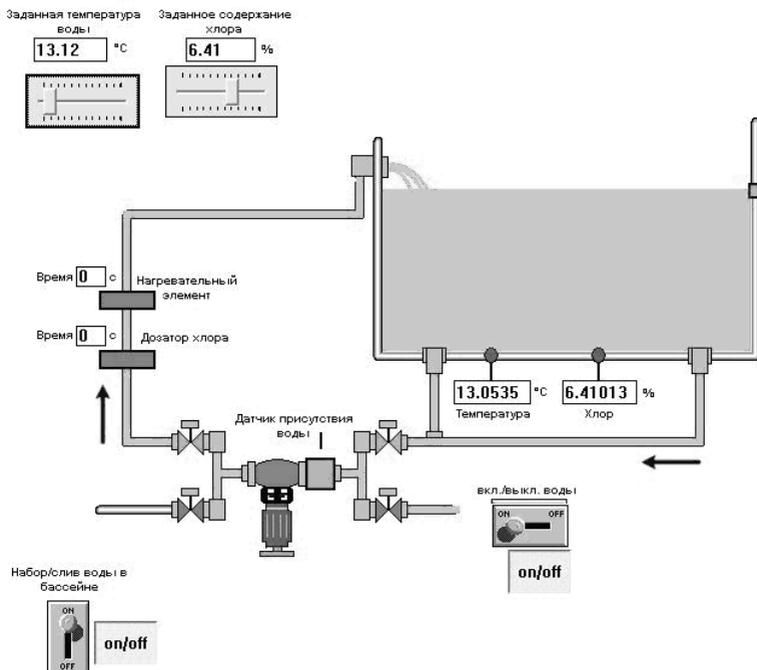
Для управления виртуальным объектом между ПЭВМ и микроконтроллером постоянно идет обмен информацией. Периодически от ПЭВМ передается в микроконтроллер информация о состоянии объекта а микроконтроллер выдает на объект управляющие команды.

Ниже на рисунках представлена система моделирования данного процесса управления регулированием уровня воды в резервуаре с использованием контроллера SCHNEIDER ELECTRIC TSX PREMIUM.



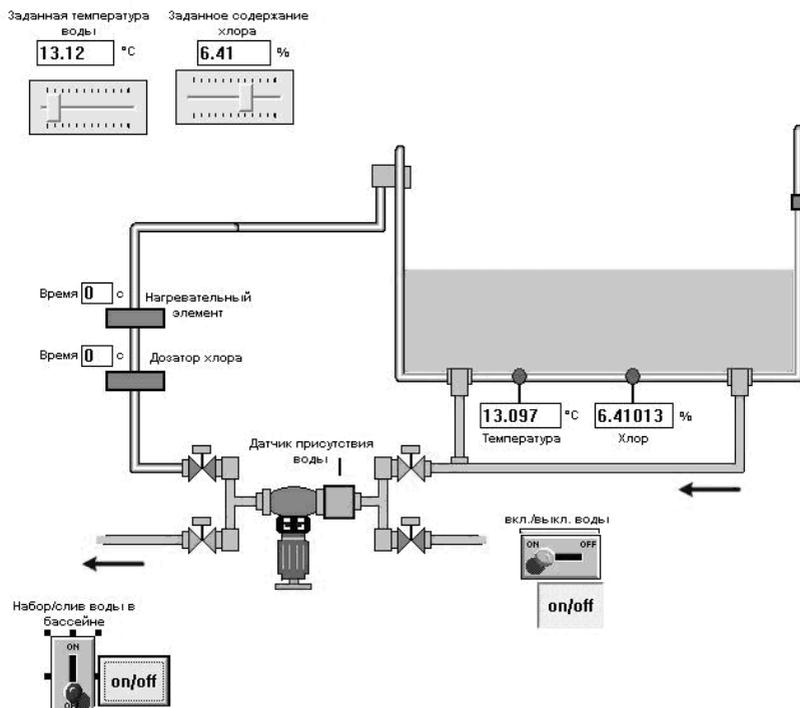
**Рисунок 5. Система автоматизации бассейна без подачи воды**

## Автоматизация бассейна



*Рисунок 6. Система автоматизации бассейна с подачей воды с установленными параметрами*

# Автоматизация бассейна



*Рисунок 7. Система автоматизации бассейна со сливом воды с установленными параметрами*

Для данного исследования были приняты некоторые параметры, на основе которых и строился весь лабораторный процесс. Заданная температура воды колебалась в пределах от 12,65 до 13,75 при установленном показателе в 13,12 градуса Цельсия. Заданное содержание хлора в жидкости было установлено в 6,41 процентах от общего объема и поддерживалось постоянно.

## Список литературы:

1. Бессекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования/ В.А. Бессекерский, Е.П. Попов,-3-е изд. М. Наука, 1975.
2. Павловская О.О. Теория автоматического управления: учебное пособие / О.О. Павловская, И.В. Чернецкая. изд. Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2010. — 93 с.

**МЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ОРГАНИЗАЦИИ В ОБЪЕКТНО-ПРОЦЕССНОМ  
ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ «COBRA++»:  
ЕЕ НАЗНАЧЕНИЕ И СТРУКТУРА**

***Павлов Александр Михайлович***

*аспирант Костромского государственного  
технологического университета (КГТУ),  
РФ, г. Кострома  
E-mail: [vy\\_shved@mail.ru](mailto:vy_shved@mail.ru)*

***Шведенко Валерия Валериевна***

*канд. экон. наук, системный аналитик ООО «РЕГУЛ+»,  
РФ, г. Санкт-Петербург*

***Шведенко Петр Владимирович***

*магистрант Санкт-Петербургского университета  
точной механики и оптики (ИТМО),  
РФ, г. Санкт-Петербург*

**THE METRIC SYSTEM OF ASSESSING PERFORMANCE  
IN AN OBJECT-PROCESS-BASED SOFTWARE PACKAGE  
COBRA++: ITS PURPOSE AND STRUCTURE**

***Pavlov Alexander***

*assistant Kostroma state technological University (KSTU),  
Russia, Kostroma*

***Shvedenko Valeria***

*Ph.D., Systems. analyst "REGUL+",  
Russia, St. Petersburg*

***Shvedenko Peter***

*graduate student  
of the St. Petersburg Institute of fine mechanics and optics (ITMO),  
Russia, St. Petersburg*

## АННОТАЦИЯ

В статье описываются ментальные конструкции организации, представлены инструменты настройки их сближения. Показана общая структура и принципы построения метрической системы оценки деятельности организации в ОО ПК «COBRA++».

## ABSTRACT

The article describes the mental structures of the organizations represented tune their approach. Shows the General structure and principles of the metric system of measurement of organizations in the NGO PC COBRA++.

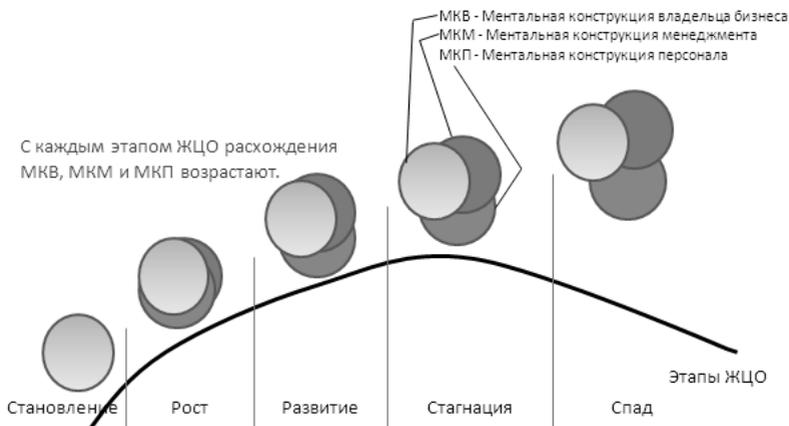
**Ключевые слова:** показатели; метрическая система оценки; объектно-процессная среда.

**Keywords:** indicators; metric estimation system; object-process environment.

Организация, производственная и иного характера деятельности может быть представлена в виде некой ментальной конструкции, представляющей собой совокупность ценностей, направлений вектора развития, критериев достижения целей, их качественных и количественных оценок. Данная ментальная конструкция неоднородна по своей структуре и включает в себя три компонента [1] — ментальные конструкции владельца бизнеса (МКВ), наемного менеджмента (МКМ) и персонала организации (МКП), целевые ориентиры которых отличаются друг от друга, а глубина их расхождений возрастает с каждым этапом жизненного цикла организации (ЖЦО) (см. рис. 1).

На стадии спада расхождения между данными ментальными конструкциями становятся настолько высокими, что вызывают резкое повышение нестабильности организации и как следствие, приводит к ее разрушению.

В целях сближения ментальных конструкций организации, гармонизации целевых ориентиров всех ее участников производится мониторинг имеющих место противоречий и разрабатывается план действий по соблюдению баланса взаимных интересов.



**Рисунок 1. Расхождение ментальных конструкций владельца бизнеса, менеджмента и персонала организации на разных этапах ее развития**

Настройка сближения ментальных конструкций организации осуществляется посредством:

- регулирования параметров организационной структуры — как системы распределения центров ответственности за исполнение этапов бизнес процессов (БП), характеризующих ее деятельность и описываемых показателями: достижения цели этапа БП, потребления ресурсов, целевой эффективности, ресурсной эффективности, качества достижения цели, качества и скорости выполнения этапа БП;
- регулирования значений целевых нормативов стратегических, тактических и операционных контуров системы организации применительно к: владельцу бизнеса (ВБ), наемному руководителю организации (РО), руководителям функциональных направлений (РФН), руководителям функциональных подразделений (РФП), специалистам функциональных подразделений (СФП);
- построения адаптивной информационно-управляющей системы (ИУС) организации, отслеживающей интересы ВБ на основе данных по возникающим рассогласованиям исполнения этапов БП на всех контурах управления от величин заданных нормативных параметров.

ИУС организации, ее структура и степень развернутости напрямую зависит от того, на какой стадии ЖЦО находится сама

организация, какие задачи решает, насколько глубоко проводится в ней анализ составляющих ее деятельности.

Каждый этап развития организации представлен в ИУС собственной метрической системой оценок (МСОц), которая по образу с ментальной конструкцией организации также может быть разложена на три составляющие: МСОц владельца бизнеса, МСОц наемного менеджмента организации и МСОц персонала организации (владельцем которой может быть профсоюз, социальные и кадровые службы организации, непосредственно сами работники).

Каждая МСОц имеет свой набор контролируемых показателей, свою базу нормативных значений, целевых приоритетов, адресов и регламентов рассылок первичных, агрегированных и интегрированных данных [2; 4; 5].

МСОц не является застывшей структурой, она постоянно эволюционирует в соответствии с меняющимися задачами организации при переходе от одного этапа ЖЦО к другому. При этом изменения структуры, состава информационного наполнения данных, параметров оценки или иных действий/выполняемых задач каждой отдельной МСОц организации не требуют синхронизации других МСОц, и зависят лишь только от поменявшихся приоритетов конкретной референтной группы ее пользователей.

По своей сути каждая МСОц организации является самодостаточной нормативно-учетной и контролирующей структурой, опирающейся на единую информационную платформу организации. При этом владелец бизнеса обладает эксклюзивным правом доступа ко всем имеющимся информационным ресурсам. Права доступа менеджмента и персонала организации к информации строго регламентированы в соответствии с установленным функционалом их деятельности.

Концепция построения всех трех составляющих МСОц организации опирается на единый свод правил, выработанный в соответствии с технологией, реализуемой в ОО ПК «COBRA++», который может быть описан следующим образом:

- Все МСОц организации имеют единую информационную платформу, реализованную в среде ОО ПК «COBRA++».
- Доступ к данным строго регламентирован и протоколируется.
- Первичная информация снимается с этапов исполнения бизнес-процессов организации и размещается в хранилище данных ОО ПК «COBRA++».

- Справочная система единая. Доступ к каждому справочнику регламентируется правами пользователя системы. Доступ к первичной информации, снимаемой с этапов исполнения бизнес-процессов также регламентирован.

- Вся информация в системе имеет объектный способ представления данных. На основании объектов формируются сложные иерархические структуры, по которым производится выборка требуемых данных.

- Объект характеризуется набором атрибутов. Все атрибуты объекта, которые могут быть вычислены, сопоставлены или служить базой для сопоставления, рассматриваются системой как показатели.

- Каждый показатель является уникальным в рамках конкретного объекта управления системы, то есть несет однозначную смысловую нагрузку.

- Характеристики, описывающие показатель включают в себя: название показателя; аббревиатура показателя; ед. измерения показателя; тип свойства (строка, число, дата, время, ..); полярность показателя (нисходящий, const, восходящий); тип показателя (назначаемый, первичный (снятый с бизнес-процесса), вычисляемый); формула расчета показателя (для вычисляемого значения); описание физического смысла показателя; источник получения (название бизнес-процесса и его этапа — для показателя, снятого с бизнес-процесса); поле ввода (длина и формат) — (для показателя, вносимого вручную); класс показателя (целевой (Ц), ресурсный (Р), эффективный (Э)).

- Каждому целевому показателю присваивается подкласс показателя ССП: финансовый результат (ЦФР), клиентский результат (ЦКР), производственный результат (ЦПР), результат работника (ЦРР), экологический результат (ЦЭР), результат по безопасности (экономической, пожарной, охраны труда и т. д.) (ЦРБ), экономический результат (региональный индикативный аспект) (ЦЭР), социальный результат (региональный индикативный аспект) (ЦСР). Каждому ресурсному показателю — подкласс показателя состояния ресурса (СР): время использования ресурса (ВИР) (начало, окончание, продолжительность), стоимость ресурса (СР) (в разрезе подбюджетных статей), количество потребления ресурса (электроэнергии, воды, материалов и т. д.), длительность отвлечения ресурса (оборудования, инструмента, оснастки, транспорта, и т. д.), Показатели эффективности представляют собой отношение значения целевого показателя к значению ресурсного показателя [4; 5].

- Все показатели системы структурируются по уровням управления, то есть производится построение иерархии показателей по видам контуров и центрам ответственности: Выделяют показатели стратегического контура (владелец бизнеса, департамент и т. д.), показатели общего тактического контура (ген. директор), показатели функциональных тактических контуров (руководители функциональных подразделений), показатели функциональных оперативных контуров (менеджеры подразделений), показатели процессных оперативных контуров (ответственные исполнители этапов бизнес-процесса).

- Все ресурсные показатели объединяются в группу показателей состояния и мониторятся в специальном модуле (накопление, эффективность использования, % распределения и т. д.) Все целевые показатели объединяются в группу показателей действия и также отслеживаются в специальном модуле.

В общем виде структура показателей, формируемая в МСОц организации представлена на рис. 2.

Как следует из данного рисунка показатели системы раскладываются на первичные процессные метрики (показатели) и метрики более высокого уровня, полученные в результате обработки первичных данных [3].

Показатели системы разнесены по контурам принимаемых решений. Кроме того, в системе выделена дополнительная МСОц, которая анализирует расхождения целевых ориентиров МСОц владельца бизнеса, менеджмента организации и персонала и выявляет локальные проблемные зоны в управлении деятельности организацией.

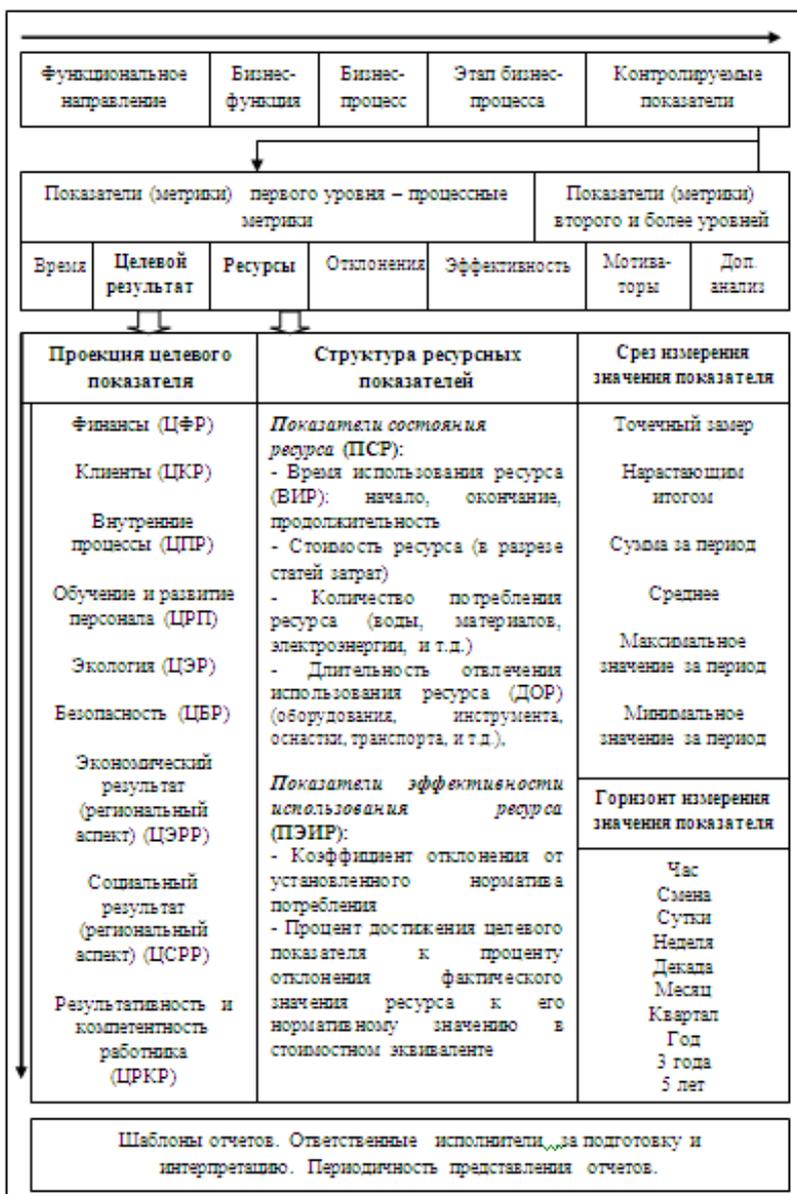


Рисунок 2. Структура показателей организации

### **Список литературы:**

1. Моделирование адаптивной системы управления промышленным предприятием. Монография. /Кострома: Общество «Знание», 2010 — 168 с. М.Л. Постников, В.В. Шведенко, В.Н. Шведенко, О.В. Щекочихин.
2. Постников М.Л., Шведенко В.В. Построение метрической системы оценки деятельности предприятия и ее реализация в программном комплексе «Cobra++» // Интеграл, № 6 (56), ноябрь-декабрь 2010 г., — с. 100—101.
3. Шведенко В.В., Шведенко П.В. Агрегирование данных в ОО СУБД «COBRA» // Научно-практический межотраслевой журнал «Интеграл», — № 5—6 (79—80), — 2014. — С. 31.
4. Шведенко В.Н., Шведенко В.В., Павлов А.М. Метрическая система оценки деятельности предприятия в программном комплексе «COBRA++». Материалы за 9-я международна научна практична конференция, «Achievement of high school» 2013. — С. 38—44.
5. Шведенко В.Н., Шведенко В.В., Павлов А.М. Описание метрической системы оценки деятельности организации в объектно-процессной информационно-управляющей системе «COBRA++»/ Global Science and Innovation : materials of the I International Scientific Conference. Vol. II. Chicago, December 17—18, 2013/ publishing office Accent Graphics communications Chicago USA, 2013. 512 p. — P. 482—487.

**СЕКЦИЯ 2.**  
**ЭЛЕКТРОНИКА**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОГО СРОКА  
ХРАНЕНИЯ КРЕМНИЕВЫХ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ  
СТРУКТУР МЕТОДОМ УСКОРЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ**

***Соколов Евгений Макарович***

*ведущий инженер ЗАО «ЭПИЭЛ»,  
РФ, г. Зеленоград  
E-mail: [se41@rambler.ru](mailto:se41@rambler.ru)*

***Стаценко Владимир Николаевич***

*генеральный директор ЗАО «ЭПИЭЛ»,  
РФ, г. Зеленоград  
E-mail: [vstatsenko@epiel.ru](mailto:vstatsenko@epiel.ru)*

***Федотов Сергей Дмитриевич***

*аспирант факультета Интеллектуальных технических систем (ИТС),  
Национального исследовательского университета МИЭТ,  
РФ, г. Зеленоград  
E-mail: [fedotov.s.d@yandex.ru](mailto:fedotov.s.d@yandex.ru)*

**THE ACCELERATED STORAGE TEST TO DETERMINE  
LASTING STORAGE PERIOD OF EPIWAFERS**

***Sokolov Evgeniy***

*leading engineer of JSC «EPIEL», Russia, Zelenograd*

***Statsenko Vladimir***

*general director of JSC «EPIEL», Russia, Zelenograd*

***Fedotov Sergey***

*postgraduate student of Intellectual Technical Systems department  
of National Research University of Electronic Technology MIET,  
Russia, Zelenograd*

## АННОТАЦИЯ

Предложена методика проведения ускоренных испытаний хранения эпитаксиальных кремниевых структур. Проведены испытания с целью определения эквивалентного срока хранения, предложен метод постэпитаксиальной химической обработки, а также проверен уровень чистоты используемой тары. Определено, что используемая тара соответствует заданному уровню чистоты, а основным источником прироста загрязнений на этапе хранения является обратная сторона структур, вследствие чего необходимость постэпитаксиальной химической обработки, позволяющей исключить прирост частиц во время хранения, была подтверждена.

## ABSTRACT

The technique of accelerated testing storage of silicon epiwafers was proposed. The lasting period of storage epiwafers was determined via test and the method of post-epitaxial chemical treatment was suggested. The purity level of used wafer storage boxes was verified. It was found that the main source of increase density particles on frontside surface is backside, the post-epitaxy chemical treatment eliminates and inhibit the particle density during storage.

**Ключевые слова:** эпитаксиальная структура; ускоренные испытания; хранение структур; срок хранения.

**Keywords:** epiwafer; accelerated storage test; wafer box; lasting storage period.

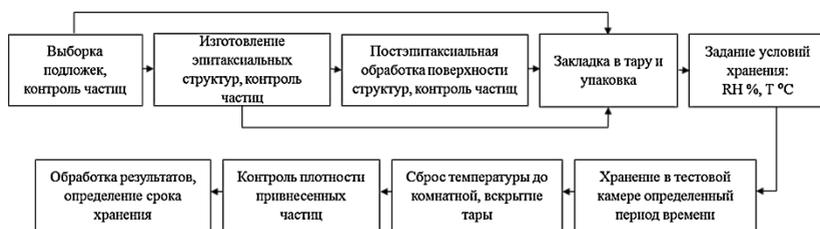
В настоящее время отечественной микроэлектронике удалось выйти на мировой уровень полупроводниковой технологии производства микросхем по техпроцессам с проектными нормами менее 100 нм. Одновременно с уменьшением минимальных размеров элементов в интегральных схемах растут требования к уровню чистоты поверхности полупроводниковых пластин. В частности, линейное повышение плотности механических загрязнений (частиц) приводит к экспоненциальному понижению выхода годных приборов [7]. Вслед за уменьшением минимального топологического размера ужесточаются требования к минимальному размеру контролируемых частиц [5], что повышает сложность процессов очистки и уровень проводимого контроля [2].

Последним этапом технологического процесса изготовления кремниевой эпитаксиальной структуры является этап упаковки и хранения перед отправлением заказчику. Важность соблюдения требуемого уровня чистоты при хранении сложно переоценить, так как одно упущение на этом этапе может перечеркнуть все достижение на предшествующих.

Загрязнения на поверхности кремниевых пластин, привнесенные в ходе технологического процесса, могут быть различного характера, однако при условии соблюдения определенного уровня чистоты технологического оборудования и материалов (технологических линий, газов, реактивов и т. п.), можно допустить, что на этапе упаковки и хранения на поверхность пластины могут быть привнесены светорассеивающие центры, предположительно частицы, связанные с поверхностью силами физической адсорбции. Применение устройств автоматического манипулирования при изготовлении эпитаксиальной структуры и последующем контроле, а также использование спецодежды и чистого помещения в соответствии со стандартом ISO 14644-1, практически исключают такие факторы загрязнения как производственный персонал и технологическая среда. Таким образом можно выделить наиболее вероятные источники привносимых частиц на этапе хранения: неконтролируемая поверхность эпитаксиальной структуры (фаска, обратная сторона), а также внутренняя поверхность тары для хранения [8]. Для соответствия современным требованиям необходимо косвенным путем определить наличие загрязнений на неконтролируемой поверхности и оценить чистоту используемой тары.

### Методика эксперимента

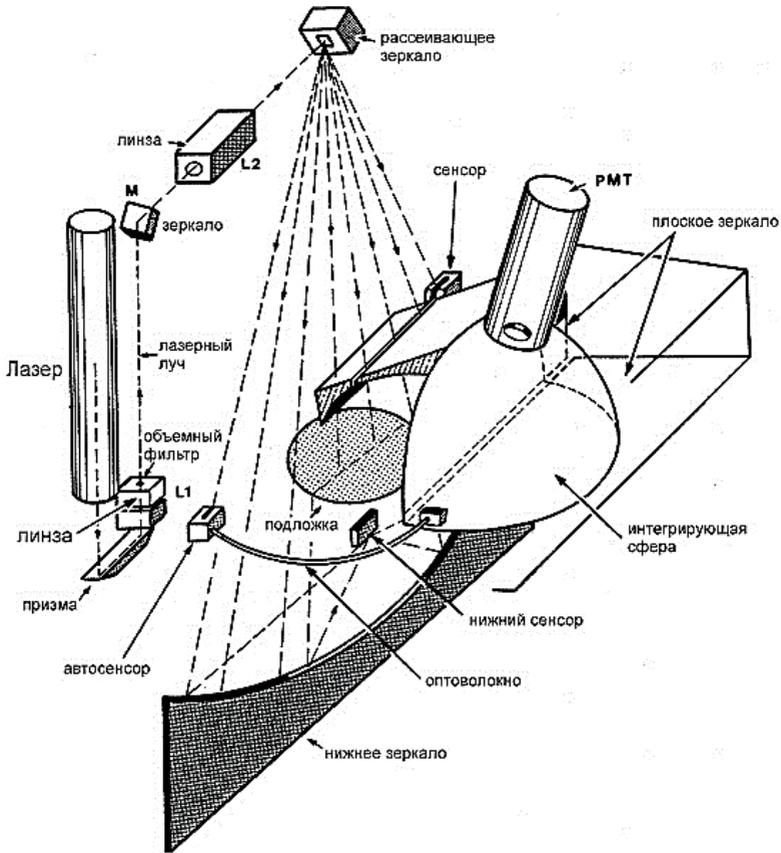
Существует несколько методов проведения ускоренных испытаний на сохраняемость технических изделий и материалов [1; 13]. Сущность таких испытаний заключается в ужесточении испытательных факторов, таких как температура и влажность, и дальнейшее нахождение зависимости продолжительности срока хранения от этих факторов. Помимо этого, данные методы позволяют экспериментально определить оптимальные условия хранения. Используя опыт подобных публикаций, была разработана методика проведения ускоренных испытаний хранения кремниевых эпитаксиальных структур, с помощью которой можно определить эквивалентный срок хранения, оптимальные условия хранения и степень чистоты используемой тары.



*Рисунок 1. Блок-схема ускоренного испытания хранения*

## Контроль плотности частиц

Для контроля плотности частиц на поверхности пластин использовалась система анализа поверхности Surfscan 6220 фирмы KLA Tencor, позволяющая детектировать частицы размером от 0,09 мкм и более. В данной системе используется бесконтактный метод определения плотности частиц, основанный на принципе темного поля [11].



**Рисунок 2. Иллюстрация рассеивающей и собирающей системы Surfscan 6220**

Лазерный луч падает на полированную поверхность измеряемой пластины и отражается под тем же углом. Если на месте падения луча

находится частица или любой другой светорассеивающий дефект, то происходит рассеяние света с интенсивностью, пропорциональной размеру частицы. Рассеянный свет собирается сенсорами (фотодетекторами) и через интегрирующую сферу подается на фотоумножитель (РМТ). Система движения осуществляет двухкоординатное перемещение лазерного луча вдоль измеряемой поверхности. Аналитическая система сопоставляет величину рассеянного света с координатой луча, что позволяет получить карту распределения светорассеивающих дефектов.

В данном эксперименте плотность частиц на поверхности пластин контролировалась в диапазонах размеров:  $0,12 \div 0,16$ ,  $0,16 \div 0,2$ ,  $0,2 \div 0,5$ , и  $\geq 0,5$  мкм, согласно требованиям современных спецификаций на кремниевые эпитаксиальные структуры диаметром 200 мм.

### **Изготовление эпитаксиальных структур**

Для проведения эксперимента были выбраны кремниевые подложки 725 КЭС 0,01 диаметром 200 мм.

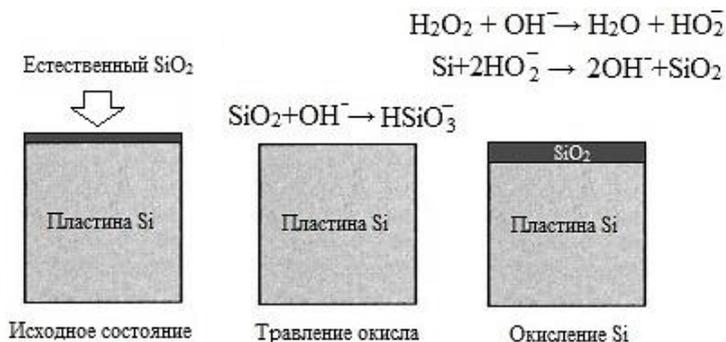
Из части отобранных и проконтролированных подложек были изготовлены эпитаксиальные структуры 6 КЭФ 0,7 на КЭС 0,01 методом CVD — эпитаксии с использованием тетрахлорида кремния. Структуры изготавливались на установке PE3061 D фирмы LPE с эпитаксиальным реактором горизонтального типа, оборудованной автоматизированным загрузочным модулем. Зона загрузки является чистым помещением с классом чистоты ISO 4. Половина изготовленных структур прошли процедуру постэпитаксиальной обработки.

### **Постэпитаксиальная химическая обработка**

Обработку пластин после эпитаксиального процесса было решено проводить, используя методы «жидкостной» очистки [3], в которых можно выделить общие операции: обработка пластин в растворах, отмывка в чистой деионизованной воде (удельное сопротивление  $18 \cdot 10^6$  Ом·см) и сушка. Среди данных методов наиболее распространен процесс RCA. Первоначально данный процесс состоял из двух стандартных растворов (Standart Clean): SC-1 и SC-2 [7]. В современной модификации химическая линейка RCA представляет собой последовательную обработку в растворах:  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$  (7:3) при  $120^\circ\text{C}$ ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{HF}$  (100:0,5) при  $20^\circ\text{C}$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  (SC-1) (1:1:6) при  $80^\circ\text{C}$ ,  $\text{H}_2\text{O}/\text{HF}$  (100:0,5) при  $20^\circ\text{C}$ ,  $\text{HCl}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  (SC-2) (1:1:6) при  $80^\circ\text{C}$ , отмывку после каждой обработки в реагенте и сушку [10].

Для постэпитаксиальной обработки поверхности пластин использовался раствор  $\text{NH}_4\text{OH}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  (1:1:6) при  $80^\circ\text{C}$ , обеспечивающий удаление частиц, привнесенных в ходе эпитаксиального процесса

и транспортировки. Компоненты раствора оказывают двойное действие на поверхность кремния (Рис. 3): гидроксид аммония ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) диссоциирует, стравливая тонкий слой естественного оксида ( $\text{SiO}_2$ ) за счет образования растворимой производной кремниевой кислоты, а перекись водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) разлагается, окисляя поверхность кремния и формируя новый слой  $\text{SiO}_2$  [6].



**Рисунок 3. Механизм действия раствора SC-1 на поверхность Si**

Постоянное подтравливание  $\text{SiO}_2$  ослабляет удержание частицы на поверхности силами адсорбции и запускает механизм удаления частиц (Рис. 4). После подтравливания электростатические силы отталкивания перемещают частицу с поверхности в граничный слой, где происходит её диффузия в раствор или повторное прикреплению к поверхности [6].



**Рисунок 4. Механизм удаления частиц в растворе SC-1**

Для интенсификации диффузии частиц в раствор и повышения общей эффективности химической очистки применялась ванна, снабженная устройствами мегазвуковой (МЗ) обработки. Более

интенсивное удаление частиц при МЗ обработке достигается за счет уменьшения толщины граничного слоя при воздействии микропотоков [4].

### **Упаковка и проведение ускоренных испытаний хранения**

Кремниевые подложки и структуры упаковывались в стандартную полипропиленовую тару типа Ultrapak® фирмы Entegris [12]. Подготовка тары для повторного использования проводилась в соответствии со стандартом SEMI M26-96.

Испытания были распределены на три группы:

1. Первая группа проводилась с целью проверки чистоты используемой тары. Проконтролированные кремниевые подложки помещались в подготовленную тару, в каждую тару добавлялся объем чистой деионизованной воды, определенный расчетно [14], для поддержания постоянного значения относительной влажности RH=50 % при любой температуре теста. Далее, каждая тара заклеивалась по периметру чистой клейкой лентой и вакуумировалась в полиэтиленовый пакет. Подготовленные таким образом тары помещались в термостатированный шкаф и извлекались по очереди через определенное время: 24, 48 и 72 часа для температуры испытания 50 °С, 8, 16 и 24 часа для 80 °С, а также 8, 16 и 24 часа для 100 °С.

2. Вторая группа проводилась для определения зависимости прироста частиц от срока хранения эпитаксиальных структур. Проводились испытания аналогичные описанным в первой группе.

3. Третья группа тестов была проведена с целью определения эффективности постэпитаксиальной обработки структур в SC-1. Изготовленные структуры прошли обработку в NH<sub>4</sub>OH/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>O (1:1:6) при 80 °С в течении 15 минут, затем выполнялись операции аналогичные описанным в первой группе.

После извлечения из термостатированного шкафа, каждая тара немедленно вскрывалась, кассета с пластинами извлекалась и удерживалась под ламинарным потоком чистого помещения, во избежание образования конденсата на поверхности. Далее производился итоговый контроль плотности частиц на поверхности пластин.

### **Обработка полученных данных**

Для определения наработки на отказ полупроводниковых приборов часто используется модель Аррениуса [9]. В случае испытания хранения эпитаксиальных структур использование данной модели позволяет связать продолжительность времени ускоренного теста, проведенного при повышенной температуре, с эквивалентным сроком хранения при нормальной температуре. Для этого высчитывается коэффициент ускорения:

$$AF = \exp\left(\frac{E_a}{k} \left(\frac{1}{T_{use}} - \frac{1}{T_{test}}\right)\right) \quad (1)$$

где: AF — коэффициент ускорения;

$E_a$  — энергия активации равная 1 эВ для данного типа загрязнений [15];

$k$  — константа Больцмана равная  $8,63 \cdot 10^{-5}$  эВ/К;

$T_{use}$  — нормальная температура хранения ( $20$  °С) ( $^{\circ}\text{C}+273$ );

$T_{test}$  — температура ускоренного теста ( $^{\circ}\text{C}+273$ );

Эквивалентный срок хранения, будет равен:

$$L = \tau_{test} \times AF \quad (2)$$

где: L — эквивалентный срок хранения, ч;

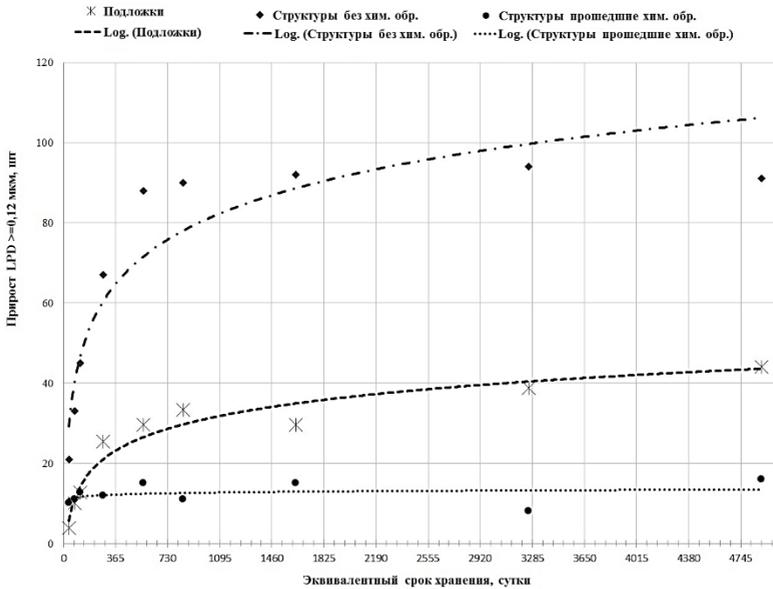
$\tau_{test}$  — продолжительность ускоренного испытания, ч;

Рассчитанный эквивалентный срок хранения соотносится с полученной в ходе ускоренного теста величиной прироста частиц, что позволяет прогнозировать изменение плотности частиц на пластине при длительном хранении. Использование данного подхода позволяет проводить испытания хранения эпитаксиальных структур сроком в несколько лет, затрачивая на эксперимент всего несколько суток. Таким образом, возможно задавать критерии сохраняемости кремниевых эпитаксиальных структур, минуя при этом высокие материальные издержки и временные затраты.

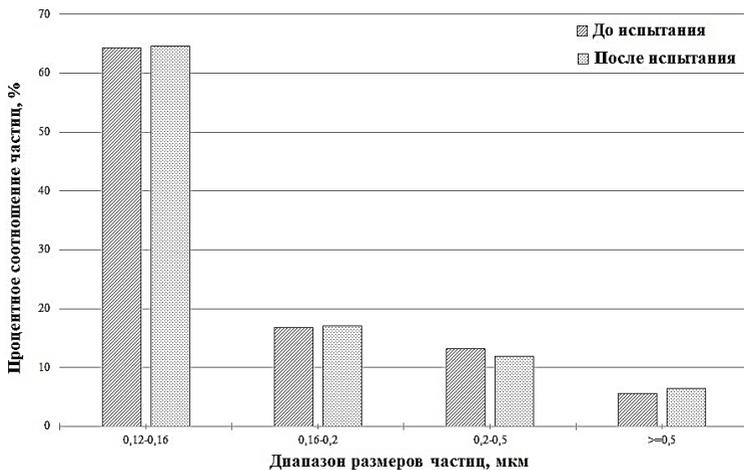
### **Результаты и обсуждение**

Приведены данные о приросте частиц в зависимости от рассчитанного эквивалентного срока хранения для трех испытательных групп, где каждая точка представляет среднее по 25-ти пластинам.

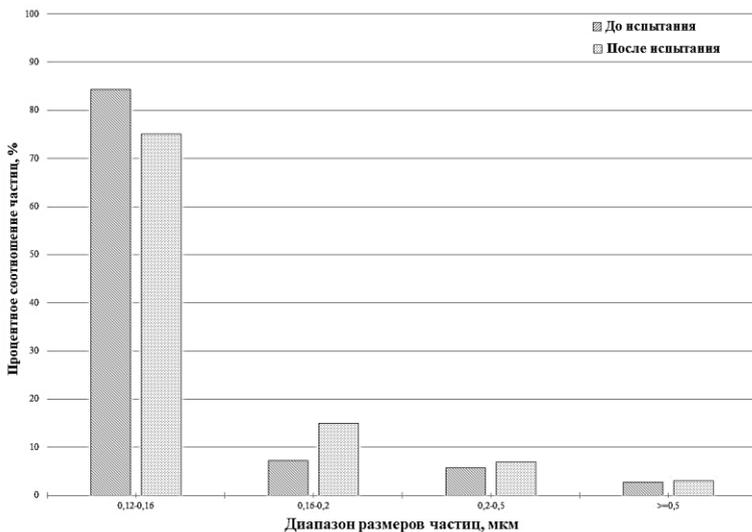
Полученные зависимости показывают, что в случае длительного хранения структур, прошедших постэпитаксиальную обработку, прирост частиц практически отсутствует, а в случае подложек и необработанных структур количество частиц растет по экспоненте. Прирост на необработанных структурах на порядок выше чем на подложках, что может указывать на перенос частиц с обратной стороны пластин. Отсутствие прироста на обработанных структурах говорит о том, что подготовка тары соответствует требуемому уровню чистоты.



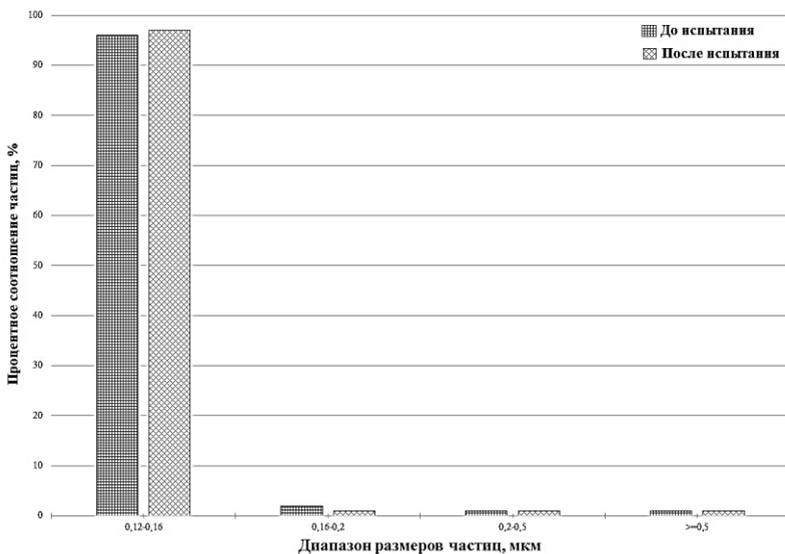
**Рисунок 5. Зависимость прироста частиц от эквивалентного срока хранения**



**Рисунок 6. Распределение частиц по размерам на поверхности подложек**



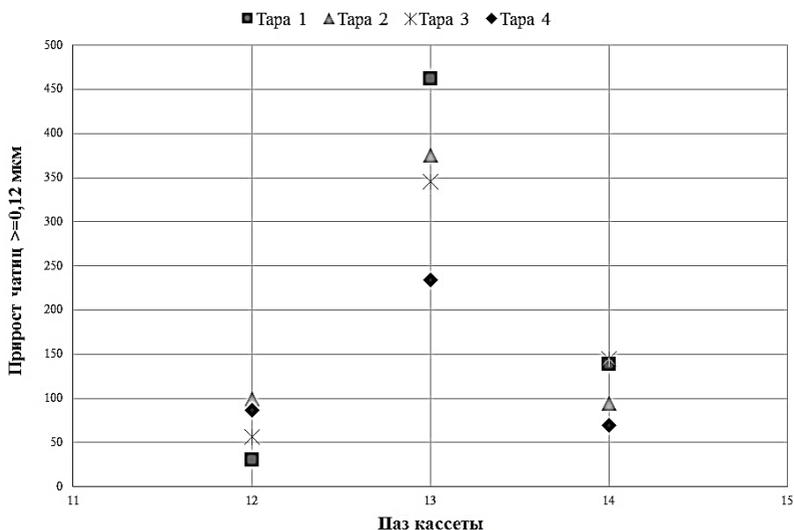
**Рисунок 7. Распределение частиц по размерам на поверхности структур**



**Рисунок 8. Распределение частиц по размерам на поверхности структур, прошедших постэпитаксиальную обработку в SC-1 с M3**

Графики распределения частиц показывают, что в случае хранения подложек и необработанных структур на контролируемой поверхности происходит увеличение содержания частиц размером более 0,16 мкм. Постэпитаксиальная обработка позволяет значительно уменьшить содержание частиц размером более 0,16 мкм на исходных структурах и не допустить их увеличение после испытания, что подтверждает эффективность применения раствора SC-1 с МЗ.

Для проверки влияния обратной стороны на прирост частиц были проведены дополнительные испытания хранения, где в четыре тары устанавливались кассеты с тремя необработанными структурами в 12-м, 13-м и 14-м пазах, причем крайние структуры были установлены обратной стороной к пластине в центре. Каждая тара прошла испытание при температуре 100 °С, RH=50 % в течении 24 часов.



**Рисунок 9. Проверка влияния обратной стороны на прирост частиц (пластины в 12 и 14 пазах повернуты обратной стороной к пластине в 13)**

Дополнительные испытания подтвердили влияние обратной стороны на прирост частиц. На лицевой поверхности пластины в 13-м пазу прирост частиц оказался в несколько раз больше, чем на пластинах в 12-м и 14-м, что обосновывает необходимость применения постэпитаксиальной обработки.

## **Выводы**

1. Доказано, что используемая тара отвечает требуемому уровню чистоты.
2. Зависимости, полученные в результате ускоренных тестов, позволяют задавать критерии хранения эпитаксиальных структур и подбирать необходимые методы поддержания чистоты поверхности.
3. Определено, что основным источником прироста частиц является обратная сторона пластин, что подтвердило необходимость постэпитаксиальной очистки.

## **Список литературы:**

1. ГОСТ Р 51372-99 Методы ускоренных испытаний на долговечность и сохраняемость при воздействии агрессивных и других специальных сред для технических изделий, материалов и систем материалов. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.
2. Редин В.М., Ушаков В.И., Каракеян В.И., Минкин М.Л., Гребенкин В.З. Генерация аэрозолей оборудованием микроэлектроники и аспекты создания технологической среды требуемой чистоты // *Обзоры по ЭТ. Сер. 3. Микроэлектроника. Вып. 2.* (1466), 1989.
3. Braun E.A. Photoresist stripping faces low-k challenges // *Semiconductor international.* — V. 22. — № 12. — P. 64—74, (1999).
4. Hall R.M. Investigating particle, metallic deposition in megasonic wafer cleaning // *MICRO.* — V. 14. — № 7. — P. 81—90, (1996).
5. International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) 2007 edition, Yield Enhancement.
6. Kawahara H. Removal of Particulate Contaminants // *Ultraclean Surface Processing of Silicon Wafers* (Ed. T. Hattori), Part VII, P. 451—461, Springer, 1998.
7. Kern W. The evolution of silicon wafer cleaning technology // *J. Electrochem. Soc.* — 1990. — V. 137. — № 6. — P. 1887—1890.
8. Maeda K. Atmospheric Pressure/Low-Pressure CVD, Ultraclean Surface Processing of Silicon Wafers (Ed. T. Hattori), Part IV, — P. 317—330, Springer, 1998.
9. Nelson, Wayne. Accelerated Testing: Statistical Models, Test, Plans and Data Analysis // *IEEE TRANSACTIONS OF RELIABILITY, VOL. R-29, № 2, JUNE 1980.*
10. Ohmi T. Total room temperature wet cleaning of silicon surfaces // *Semiconductor International.* — V. 19. — № 8, — P. 2957—2964, (1996).
11. Takeshi Hattori Wafer Surface Particle Detection Technology // *Proc. SEMI Technology Symposium '91, Tokyo, SEMI Japan, 213, 1991.*

12. Ultrapak® Wafer Shipping Box // Website of Entegris, Inc. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.wafercare.com/Page.aspx?id=85> (дата обращения: 01.03.2015).
13. US Patent № 20090277287 A1 Method for performing a shelf lifetime acceleration test, 2009 // Google патенты. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <https://www.google.com/patents/US20090277287> (дата обращения: 11.02.2015).
14. Vaisala: Humidity Calculator 3.1. // Website of Vaisala Group. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://go.vaisala.com/humiditycalculator/vaisala\\_humidity\\_calculator.html](http://go.vaisala.com/humiditycalculator/vaisala_humidity_calculator.html) (дата обращения: 04.02.2015).
15. Vigrass W.J., Calculation of Semiconductor Failure Rates // Support information of Quality & Reliability, INTERSIL. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.intersil.com/en/support/qualandreliability.html> (дата обращения: 01.03.2015).

### **СЕКЦИЯ 3.**

## **ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ КЛАПАННОГО МЕХАНИЗМА В ЦИЛИНДРЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

***Васильев Александр Викторович***

*д-р. техн. наук, зав. кафедрой «Автомобильные двигатели»  
Волгоградского государственного технического университета,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [vasilyev@vstu.ru](mailto:vasilyev@vstu.ru)*

***Бахрачева Юлия Сагидулловна***

*канд. техн. наук доцент кафедры физика и химия  
Московского государственного университета путей сообщения  
(МИИТ), Волгоградский филиал,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [bakhracheva@yandex.ru](mailto:bakhracheva@yandex.ru)*

# MODELING THE DYNAMICS OF THE VALVE MECHANISM IN THE CYLINDER OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

*Vasiliev Alexander*

*doctor of technical Sciences, Professor, head of the Department  
of Automotive engines" Volgograd state technical University,  
Russia, Volgograd*

*Bakhracheva Julia*

*candidate of technical Sciences,  
associate Professor of physics and chemistry of the Moscow state  
University of railway engineering (MIIT), the Volgograd branch,  
Russia, Volgograd*

## АННОТАЦИЯ

В статье представлена методика математического моделирования динамики механизма газораспределения. Приведены некоторые результаты её использования для расчета динамической нагруженности клапанного механизма двигателя.

## ABSTRACT

The article presents the methodology of mathematical modeling of the dynamics of the valve gear. The results of its use for the calculation of dynamic loads of the valve mechanism of the engine.

**Ключевые слова:** двигатель внутреннего сгорания; механизм газораспределения; математическая модель.

**Keywords:** internal combustion engine; the valve gear; mathematical model.

В современном двигателе внутреннего сгорания (ДВС) одним из наиболее нагруженных узлов является механизм газораспределения (МГР). Наряду с инерционными нагрузками и силами, действующими со стороны клапанных пружин, газораспределительный механизм воспринимает воздействие от силы давления газов при открытии выпускного клапана.

Точный закон изменения силы давления газов неизвестен, поэтому в ранее проведенных исследованиях для представления рассматриваемой силы предлагались различные функции: кубическая парабола, линейная зависимость от подъема клапана, либо угла поворота кулачкового вала [6]. Этот закон можно подобрать для любого

режима работы двигателя, однако при переходе на другой режим его приходится определять заново.

В приведенной ниже методике сила от давления газов в цилиндре двигателя определяется расчетным путем на основе математического моделирования рабочих процессов в поршневых и комбинированных ДВС [1—3]. Выполненные расчеты показывают, что такой подход позволяет более точно оценить нагруженность клапанного привода на различных режимах работы двигателя без использования каких-либо упрощенных описаний изменения газовой силы при движении выпускного клапана.

Для решения поставленной задачи используется математическая модель динамики МГР. Представленная ниже обобщенная математическая модель может быть использована для любого типа клапанного механизма и учитывает ряд характерных особенностей МГР: начальные усилия и зазоры в связях, рассеяние энергии при колебаниях, наличие односторонних связей и возможность разрыва кинематической цепи, ударные взаимодействия деталей при восстановлении контактов в звеньях, гидродинамические явления при вытеснении смазки из зазоров.

Дифференциальные уравнения движения системы, состоящей из  $N$  сосредоточенных масс, моделирующих колебания деталей МГР, имеют вид

$$m_i \ddot{x}_i = P_i - F_i + \sum_{n=1}^{n_i} (P_{in} - F_{in}) \quad (i = 1, \dots, N), \quad (1)$$

где:  $m_i$  — величина  $i$ -й массы;

$\ddot{x}_i$  — её ускорение;

$P_i$  — внешняя сила, действующая на  $i$ -ю массу (например, сила от давления газов в цилиндре);

$F_i$  — сила внешнего трения;

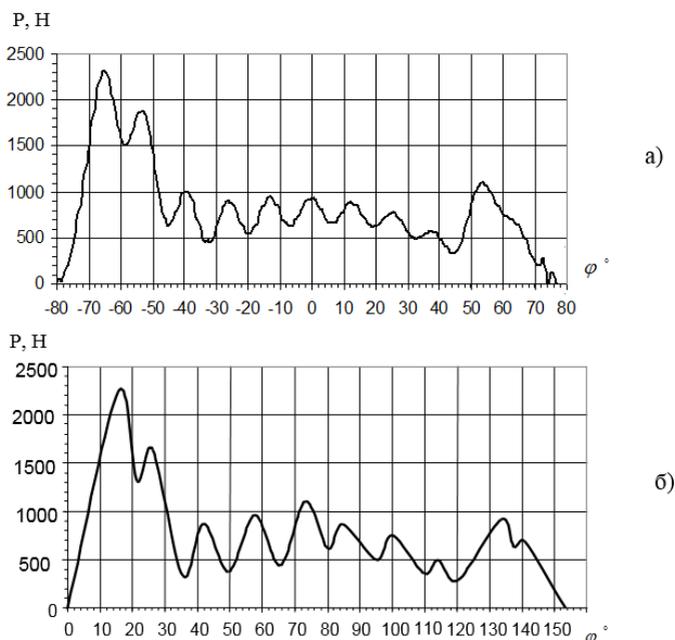
$n_i \leq N$  — количество связей  $i$ -й массы с другими или с неподвижной заделкой;

$P_{in}$  и  $F_{in}$  — силы соответственно от упругой деформации и внутреннего трения в  $n$ -й связи, действующие на  $i$ -ю массу.

Приведенная модель не накладывает ограничений ни на структуру расчетной схемы, ни на количество элементов, моделирующих составные части газовоздушного тракта ДВС, в которых течение

рассматривается как квазистационарное. Для расчета газообмена с помощью отдельных входных файлов вводятся теоретические законы движения клапанов, которые формируются в результате профилирования кулачков. Задаются также все необходимые размеры для расчета проходных сечений. В процессе расчета фазы газораспределения и законы движения клапанов пересчитываются для заданных значений тепловых зазоров, что позволяет исследовать влияние последних на индикаторные и эффективные показатели двигателя. Возможен также учет наличия нескольких одноименных клапанов, а также колебательных процессов в МГР. В последнем случае расчет ведется с учетом действительного движения клапанов.

Рассмотрим некоторые результаты, полученные на основе математического моделирования динамики МГР двигателя 8ЧВН15/16.



**Рисунок 1. Сила в коромысле привода выпускного клапана двигателя 8ЧВН15/16 в зависимости от угла поворота кулачка при  $n=1700$  об/мин и нагрузке  $P_T=1200$  Н\*м. а) (расчет); б) (эксперимент)**

Для оценки адекватности математической модели следует сравнить результаты расчета с полученными экспериментальными

данными. Эксперимент проводился на нескольких режимах при различных нагрузках ( $P_T$ ) и тепловых зазорах ( $D_T$ ) в МГР на номинальных оборотах  $n=1700$  об/мин.

На рис. 1, а в качестве примера приведены результаты сравнительных расчетов силы, действующей со стороны коромысла на клапан, полученные на основе адекватной динамической модели с учетом силы от давления газов в цилиндре двигателя для одного из режимов работы двигателя. Соответствующая экспериментальная зависимость приведена на рис. 1, б. Характер изменения силы по углу поворота кулачка достаточно хорошо согласуется с экспериментальными данными.

Таким образом, анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что разработанный метод расчета силы от давления газов повышает адекватность математической модели динамики и дает возможность более точно оценить нагруженность основных деталей МГР на любых режимах работы двигателя.

### Список литературы:

1. Васильев А.В., Бахрачева Ю.С., Каборе У. Профилирование высокоэффективных кулачков газораспределения двигателей внутреннего сгорания // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10: Инновационная деятельность. — 2013. — № 2 — С. 96—102.
2. Васильев А.В., Григорьев Е.А., Дивинский Е.А. Повышение эффективности дизеля совершенствованием газораспределения//Тракторы и сельхозмашины. — 2000. — № 6. — С. 20—22.
3. Гребенников А.С. Способ диагностирования неравномерности работы цилиндров поршневого ДВС // Двигателестроение. — 1983. — № 10. — С. 27—29.
4. Григорьев Е.А., Васильев А.В. Математическое моделирование динамики механизма газораспределения ДВС// Двигателестроение. — 1991. — № 12. — с. 7—9.
5. Дьяконов М.Ю., Зайцев В.В., Бахрачева Ю.С. Оптимизация режимов работы тепловозных дизель-генераторов // Современные проблемы транспортного комплекса России. — 2013. — № 4 (4). — С. 193—196.
6. Корчемный Л.В. Механизм газораспределения автомобильного двигателя: Кинематика и динамика. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1981.
7. Синтез характеристик газораспределения поршневого двигателя: монография/ А.В. Васильев; ВолгГТУ. Волгоград, 2006. — 344 с.
8. Vasilyev A.V., Bakhracheva J.S., Kabore O., Zelenskij Ju.O. Valve cam design using numerical step-by-step method //Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 10: Инновационная деятельность. — 2014. — № 1 (10) — С. 26—32.

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕМБРАННЫХ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

*Джунусова Ляззат Рысхановна*  
доцент НАО АУЭиС,  
Республика Казахстан, г. Алматы  
E-mail: [l\\_dzhunusova@mail.ru](mailto:l_dzhunusova@mail.ru)

## USE OF MEMBRANE WATER TREATMENT PLANTS SYSTEMS

*Lyazzat Junusova*  
associate Professor of AUPET,  
Republic of Kazakhstan, Almaty

### АННОТАЦИЯ

Тематика, связана с научно-теоретическим обоснованием, разработкой усовершенствованных технологий и комбинированной очистки природных вод, в условиях повышенных антропогенных нагрузок на природные источники воды, являющаяся приоритетной среди фундаментальных и поисковых работ в области водоподготовки.

### ABSTRACT

Subjects related to scientific and theoretical studies, development of improved technologies and combined treatment of natural waters at high anthropogenic pressure on natural water sources is a priority among the fundamental and exploratory work in the field of water treatment. Background. Methods. Result. Conclusion.

**Ключевые слова:** мембраны; опреснение; водоснабжение,  
**Keywords:** Membrane; desalination; water supply,

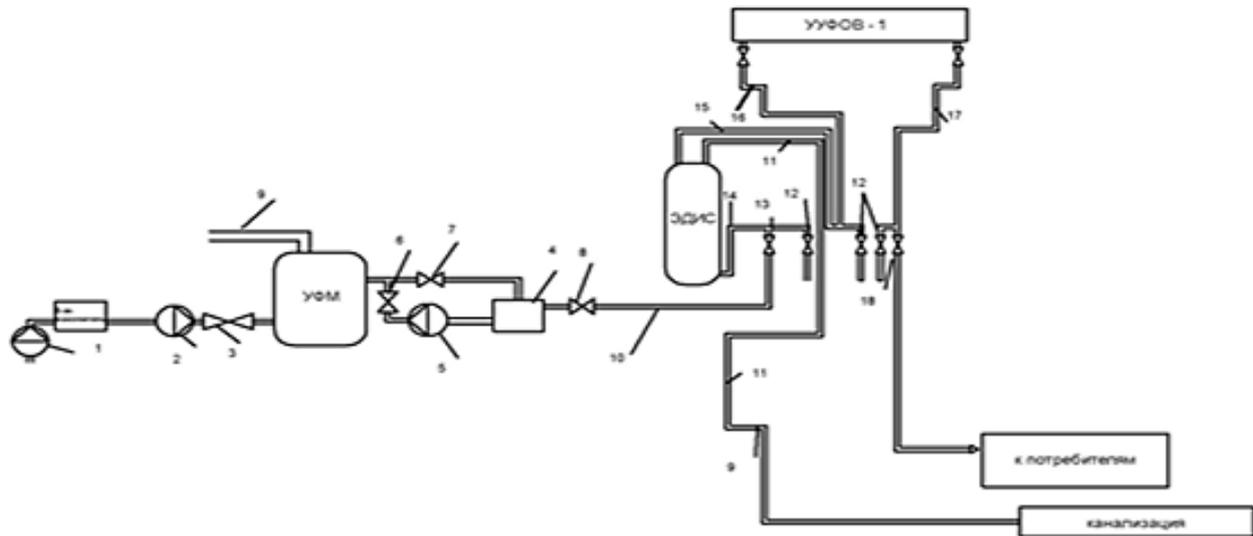
В настоящее время для очистки природных вод и последующего использования в питьевых, технических и получения особо чистой воды опубликовано большое количество работ, посвященных проблемам адаптации и контроля функционирования водоподготовительных систем управления, разработаны общетеоретические концепции, возрастает число решенных практических вопросов.

Существуют и разрабатываются различные пути эксплуатаций и типов фильтров, работающих в условиях различной степени качества исходной воды и уже не вызывает сомнений в своей конкурентоспособности и эффективности [2].

Однако постоянное усложнение и расширение круга объектов научных исследований требует разработки новых эффективных методов и приемов, т. к. существующие схемы использующиеся на многих котельных и ПП для очистки воды с применением химических реагентов и последующим обеззараживанием хлора, имеет ряд недостатков такие как: низкая эффективность очистки воды по сравнению с мембранной технологией, высокие капитальные затраты при строительстве новых и реконструкции старых ВПУ, высокая себестоимость воды вследствие значительного увеличения применяемых реагентов (флокулянты, коагулянты, кислота, щелочь), энергозатраты и количество потребляемой воды при регенерации фильтров, невозможность полной автоматизации и контроля эффективности процесса фильтрации, большие габариты и компоновка оборудования химического цеха [3].

В связи с вышеперечисленными проблемами с обессоленной водой, необходимо использовать новые технологические приемы и установки, так как старые установки очистки морально устарели и практически не очищают воду от специфических и антропогенных загрязнений на территории Приаральского региона. В отечественной практике в настоящее время создалась парадоксальная ситуация, что для широкого внедрения ультрафильтрационных и электродиализных мембранных установок, требуется опыт их эксплуатации. В то же время для получения опыта требуется их внедрение на нескольких типах природных вод [1].

Исходя из этого, полностью осознавая отсутствие достаточной полноты информации, решение поставленных задач требует проведения специальных исследований и разработок, направленных на дальнейшее повышение эффективности водоподготовительных систем, на основе современных мембранных технологий, при использовании различных природных вод. В этой связи предпринята цель и задача исследование и разработка улучшения качества воды на комбинированной водоподготовительной установке в условиях Приаралья», которая позволит применение технологически более тонких процессов очистки в установках нового поколения и является актуальным в решении вопросов для конкретных ситуаций Приаральского региона.



**Рисунок 1. Принципиальная аппаратурно-технологическая схема комбинированной очистки воды:**  
**1 — скважинный насос, 2 — насос перед УФМ, 3 — кран подачи воды на УФМ, 4 — бак с фильтратом после УФМ, 5 — насос для обратной промывки, 6 — кран для обратной промывки, 7 — кран на выходе из УФМ, 8 — канализация, 9 — кран на выходе из бака с фильтратом, 10 — подача воды на электродиализную установку (ЭДИС), 11 — сброс концентрата, 12 — кран для забора пробы воды, 13 — кран подачи воды из УФМ на ЭДИС, 14 — подача воды на ЭДИС, 15 — очищенная вода после ЭДИС, 16 — подача воды на установку ультрафиолетового обеззараживания воды (УУФОВ), 17 — очищенная вода после УУФОВ, 18 — кран выхода воды после УУФОВ**

Опытно-экспериментальная комбинированная водоподготовительная установка — 1 м<sup>3</sup>/ч смонтирована на базе НАО «АУЭиС» на кафедре «Промышленная теплоэнергетика», лаборатории «Водоподготовительные установки и ВХР».

Технологическая схема предлагаемой экспериментальной установки представлена на рисунке 1 и состоит из следующих блоков:

1. Блок-Предварительная очистка состоит из ультрафильтрационного модуля;
2. Блок-Многокамерный электродиализатор состоит из асимметричной автоматической электродиализной системы;
3. Блок-Ультрафиолетовое обеззараживание воды используется УФ-излучение в бактерицидной области спектра.

### **Результаты исследования**

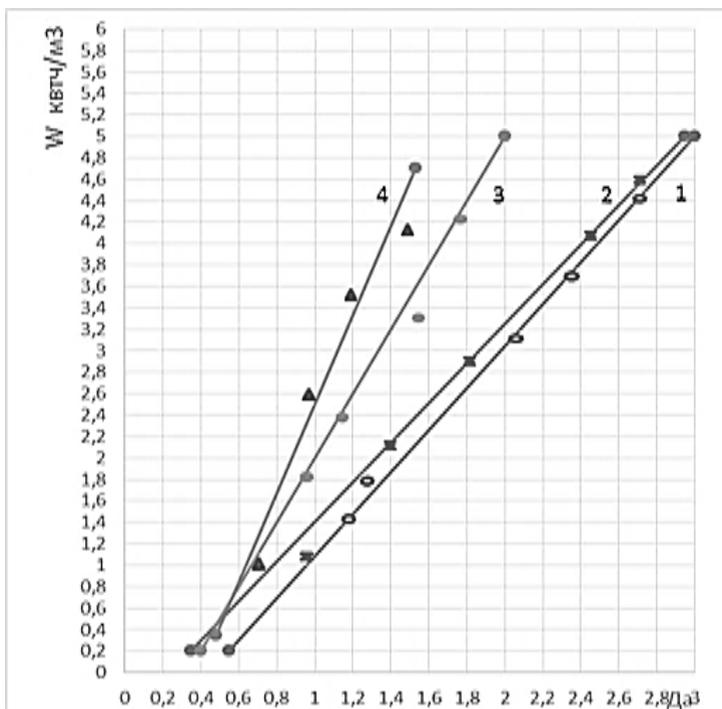
Технологические характеристики мембранных модулей водоподготовительной установки: степень обессоливания и удельные затраты электроэнергии на удаление г-экв/кг соли, изменяются в зависимости от рабочей плотности тока, минерализации, ионного состава, температуры исходной воды и от скорости воды в камерах обессоливания установки.

На 1 кг удаляемой соли ( $\kappa\text{ВТ} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ ) используют параметр потребляемой мощности, т. к. мощность является параметром и определяет эффективность процесса. Ток, проходящий через электродиализ является неполной характеристикой, поскольку любой аппарат состоит из мембран, имеющих площадь, в связи с чем более информативен в этом случае параметр как плотность тока. Энергетический потенциал процесса характеризует напряжение, но для сравнительного анализа характеристик лучше использовать параметр- напряжение электрического поля на 1 ячейку  $U/n$ , где  $n$  — количество ячеек в аппарате. Производительность по опресненной воде, характеристика, необходимая для сравнительных оценок, соотношения ко времени  $V/t$ , что позволяет оценить эффективность опреснения. Линейное перемещение единицы объема жидкости в электродиализаторе за единицу времени  $L/t$  также важно.

Наблюдения и анализ работы процесса эксплуатации комбинированной водоподготовительной установки, позволили сформулировать следующие принципы такие как:

- процент снижения соледержания в опресненной воде, который зависит от селективности мембранных аппаратов и от концентрации ионов в исходном растворе;
- использование оптимальной плотности тока;
- удаление загрязнений с единицы площади мембран являющаяся основной характеристикой ВПУ.

Результаты исследований приведены на рисунке 2



*Рисунок 2. Изменение степени обессоливания воды по отдельным ионным составляющим солей при изменении питающего напряжения комбинированной водоподготовительной установки для воды с минерализацией 2500 мг/л и жесткостью до 3 мг/экв-л*

### **Выводы:**

Главное преимущество данной схемы — низкий удельный расход электроэнергии и относительно меньшие удельные, капитальные затраты, простая, удобная и экономичная установка, не требующая использования реагентов и последующей технологии доочистки для получения высококачественной питьевой воды, позволяющая сохранить естественный солевой состав природной воды после УФУ, а также предупреждение образования коррозионных процессов трубопроводов водоснабжения.

Комбинированная Водоподготовительная установка из-за компактности, низкого энергопотребления, небольших габаритов

может быть изготовлена локально, автономно или в контейнерном исполнении, а также использоваться в зонах промышленных предприятий где нет доступа к чистой питьевой, технической и особо чистой воде. Для определения контроля качества воды после отдельных стадий обработки предусмотрены пробоотборные устройства.

#### **Список литературы:**

1. Будаговский А.И. Некоторые водно-экологические аспекты проблемы Арала и Приаралья // Водные ресурсы. — 1992, — № 2 — С. 22—38.
2. Смагин В.Н., Щекотов П.Д., Дробот Г.К., Зачинский Г.А. Технико-экономическое обоснование комбинированной схемы подготовки воды для парогенераторов // Теплоэнергетика. — 1975, — № 5, — с. 17—20.
3. Schexnallder S.J. Choosing membrane-based water treatment for advanced boiler makeup in the power industry // Presented at Power Gem Americas'93, Dallas, Texas, November 17—19, 1993.

## **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА МАКСИМАЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ ТЭЦ**

*Плахута Андрей Дмитриевич*

*начальник отдела энергетических программ  
ОАО «ВНИПИэнергопром» Невский филиал,*

*РФ, г. Санкт-Петербург*

*E-mail: [arist1990@mail.ru](mailto:arist1990@mail.ru)*

## **USE OF CALCULATION PROCEDURE OF MAXIMUM DISTANCE OF HEAT ENERGY TRANSFER FOR HEAT SUPPLY SYSTEM BASED ON COGENERATION PLANT**

*Andrey Plahuta*

*head of Energy Programme Division,  
OAO "VNIPIenergoprom", Nevsky Branch,  
Russia, St. Petersburg*

## АННОТАЦИЯ

Новаторская методика расчета радиусов эффективного теплоснабжения позволяет технически и экономически обосновывать зоны эффективного теплоснабжения на базе ТЭЦ. В основе методики лежат расчеты по определению себестоимости тепловой энергии и капитальных затрат. При использовании методики минимизируется использование эмпирических зависимостей в расчетах и находится численное значение радиуса эффективного теплоснабжения. Результаты апробированы, методика может использоваться при разработке Схем теплоснабжения муниципальных образований.

## ABSTRACT

An innovative method of calculating the radius of the effective heating zone allows justifying the effective heating zone based on cogeneration plant technically and economically. The methodology is based on calculations to determine the cost of thermal energy and capital costs. When using the technique, the use of empirical relationships in calculations minimizes, and the numerical value of the radius of the effective heating is in calculations. The results have been tested; the technique can be used in the development of heating models of municipal units.

**Ключевые слова:** схема теплоснабжения; радиус эффективного теплоснабжения; себестоимость тепловой энергии; капитальные затраты; независимые и зависимые теплосетевые затраты.

**Keywords:** heating models; radius of the effective heating; prime cost of heat energy; capital costs; independent and dependent costs of heat supply system.

В настоящее время приоритетным направлением развития энергетической отрасли Российской Федерации является ориентированность на энергосбережение и повышение энергетической эффективности промышленных предприятий, что закреплено на законодательном уровне Федеральным законом № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2]. Федеральный закон № 190-ФЗ «О теплоснабжении» [3] предусматривает наличие для каждого муниципального образования разработанной и утвержденной Схемы теплоснабжения, которая представляет собой документ, содержащий предпроектные материалы по обоснованию эффективного и безопасного функционирования системы теплоснабжения, её развития с учетом правового регулирования в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

Согласно нормативно-правовым актам, в Схемах теплоснабжения должен рассматриваться и решаться комплекс задач по улучшению качества и надежности теплоснабжения потребителей. Вместе с тем, в документе должны рассматриваться задачи повышения экономической эффективности при теплоснабжении потребителей.

Кроме того, в Схемах теплоснабжения должны рассчитываться и обосновываться значения максимальной дальности передачи тепловой энергии от теплоисточников, путем определения показателя «радиуса эффективного теплоснабжения» (далее по тексту — РЭТ).

Несмотря на важность данного критерия, в настоящее время методика его определения до сих пор не утверждена федеральными органами власти в сфере теплоснабжения. С учетом актуальности задачи, попытки нахождения универсальной методики, позволяющей корректно оценивать максимальную дальность передачи тепловой энергии от теплоисточников, находят свое начало в 40-х годах XX века.

В рамках исследования сформирована новая модель РЭТ, адаптированная под современные модели ценообразования в сфере теплоснабжения. В статье [1] рассмотрена актуальность расчета РЭТ, отмечена история развития инженерной мысли по данному вопросу.

Методический подход к определению РЭТ учитывает комплекс факторов, оказывающих непосредственное влияние на его величину. К таким факторам относятся следующие характерные показатели:

- себестоимость тепловой энергии на теплоснабжение потребителей;
- капитальные затраты на строительство новых участков, реконструкцию существующих теплопроводов и строительство подкачивающих насосных станций для обеспечения потребителей тепловой энергией.

В основу методики расчета заложен принцип вычисления себестоимости тепловой энергии для каждой тепловой камеры в границах существующих тепловых сетей. Для проведения расчетов структура себестоимости тепловой энергии разделяется на 2 составляющие:

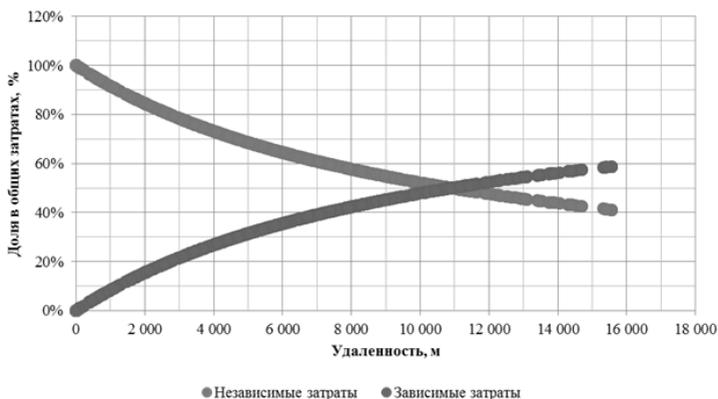
1. Независимые теплосетевые затраты (далее по тексту — независимые затраты), которые являются функцией от расстояния между источником и потребителями тепловой энергии. Независимые затраты прямо пропорциональны количеству вырабатываемой тепловой энергии на источнике;

2. Зависимые теплосетевые затраты (далее по тексту — зависимые затраты), которые являются функцией от расстояния между источником и потребителями тепловой энергии. В данную категорию входят преимущественно затраты на транспорт тепловой энергии

от источника до тепловой камеры. Затраты прямо пропорциональны следующим показателям:

- а. количество передаваемой тепловой энергии;
- б. протяженность систем транспорта тепловой энергии.

На примере г. Тюмени было рассчитано изменение независимых и зависимых затрат на отпуск тепловой энергии потребителям, в зависимости от расстояния тепловой сети от теплоисточника до тепловой камеры. Затраты имеют обратную пропорциональность, что показано на рисунке 1.



**Рисунок 1. Динамика изменения затрат от протяженности тепловой сети**

Как видно из диаграммы, доля независимых затрат в структуре себестоимости тепловой энергии с увеличением расстояния от теплоисточника уменьшается по нелинейной зависимости, для зависимых затрат наблюдается обратная ситуация.

Себестоимость тепловой энергии в каждой тепловой камере сравнивается с себестоимостью тепловой энергии от альтернативного источника теплоснабжения — альтернативной котельной.

Капитальные затраты на обеспечение потребителей тепловой энергией от существующей системы сравниваются с капитальными затратами на обеспечение потребителей тепловой энергией от альтернативной котельной.

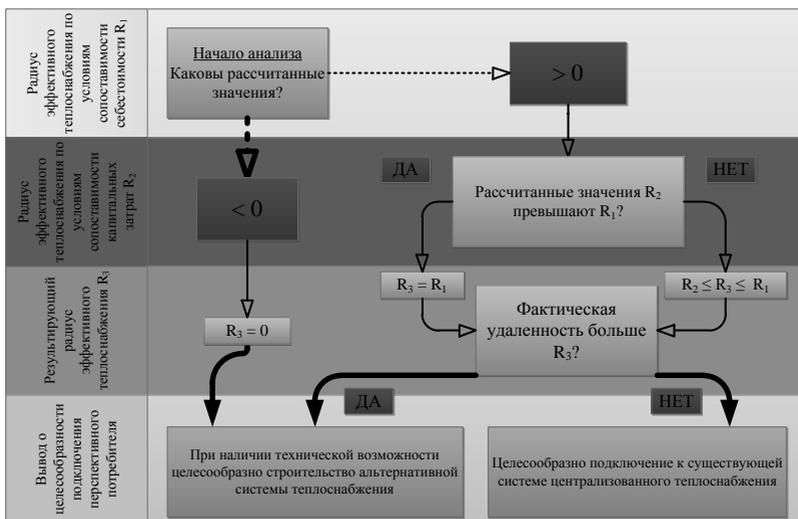
Для определения технически и экономического оправданного РЭТ производится расчет 3 критериев:

1. Радиус эффективного теплоснабжения по условиям сопоставимости себестоимости  $R_1$ ;

2. Радиус эффективного теплоснабжения по условиям сопоставимости капитальных затрат  $R_2$ ;

3. Результирующий радиус эффективного теплоснабжения  $R_3$ .

После расчета всех представленных показателей следуют анализы результатов расчета, которые выполняются по алгоритму, представленному на рисунке 2. Данный алгоритм позволяет в конечном итоге определять наиболее эффективный источник теплоснабжения.



**Рисунок 2. Алгоритм проведения анализа результатов расчета РЭТ**

Следует отметить, что сравнительный метод позволяет не только определять перспективные источники теплоснабжения для новой застройки, но и решать иные задачи, связанные с изменением зон действия теплоисточников, например:

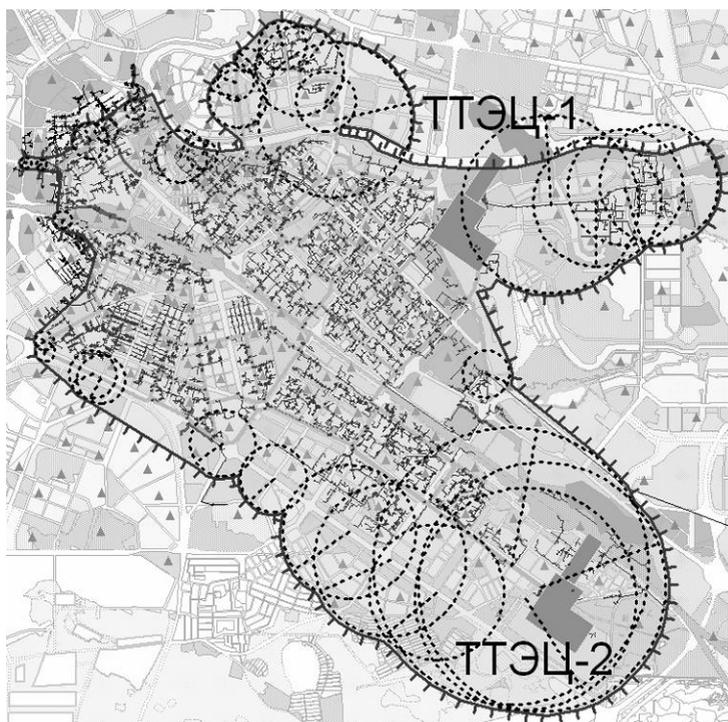
1. Техничко-экономическое обоснование задач с изменением зон действия существующих источников тепловой энергии (расширение и разукрупнение зон);

2. Техничко-экономическое обоснование приоритетности расширения зоны действия изолированной системы теплоснабжения (объединение 2 и более систем теплоснабжения).

Апробация новаторского подхода и методики расчета РЭТ произведена на примере систем централизованного теплоснабжения г. Тюмени. Теплоснабжение наибольшей части города (более 90%)

осуществляется от 2 Тюменских ТЭЦ ведомственной принадлежности ОАО «ФОРТУМ». На рисунке 3 представлены зоны эффективного теплоснабжения по состоянию на 2029 г.

Перспективные потребители тепловой энергии обозначены зелеными треугольниками. Совокупность РЭТ характеризует искомую зону теплоснабжения, которая на рисунке представлена бирюзовым цветом. Разработанный расчетно-графический метод позволяет определять, какие потребители должны подключаться в перспективе к ТЭЦ, а какие к альтернативной котельной.



*Рисунок 3. Зона эффективного теплоснабжения от Тюменских ТЭЦ*

По результатам анализа полученных значений следует ряд выводов:

1. Величина РЭТ в значительной степени зависит от величины подключаемой тепловой нагрузки к тепловым сетям;

2. По мере удаления тепловых камер от теплоисточника РЭТ снижается в связи с увеличением себестоимости тепловой энергии для рассматриваемой тепловой камеры;

3. При расчете РЭТ крайне важно сохранять нейтралитет, т. е. не отдавать предпочтение ни системам теплоснабжения на базе ТЭЦ, ни системам теплоснабжения на базе альтернативной котельной;

4. Расчеты РЭТ будут иметь смысл лишь в случае низких удельных расходов условного топлива на ТЭЦ по сравнению с альтернативными источниками теплоснабжения.

### **Список литературы:**

1. Плахута А.Д. Энергосбережение и экономия средств при обоснованном выборе перспективного источника теплоснабжения // Энергобезопасность и энергосбережение. — 2015. — № 1. — С. 25—29.
2. Федеральный закон от 23.11.2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Федеральный закон от 27.07.2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении».

## **GREEN COMPUTING. СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ**

***Тюрин Сергей Феофентович***

*д-р техн. наук, профессор, Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, профессор кафедры,*

*РФ, г. Пермь*

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

***Андреев Роман Александрович***

*студент Пермского национального исследовательского  
политехнического университета,*

*РФ, г. Пермь*

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

***Феофилова Полина Андреевна***

*студент Пермского национального исследовательского  
политехнического университета,*

*РФ, г. Пермь*

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

## GREEN COMPUTING. ENERGY-AWARE DEVELOPMENT TOOLS

***Tyurin Sergey***

*doctor of technical sciences, professor  
of Perm national research polytechnic university,  
Russia, Perm*

***Andreev Roman***

*student of Perm national research polytechnic university,  
Russia, Perm*

***Feofilova Polina***

*student of Perm national research polytechnic university,  
Russia, Perm*

### АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрен аспект использования экологически ориентированных информационных технологий — средства разработки энергосберегающих систем. Представлены три основных пользовательских приложения, которые предоставляют информацию об использовании энергии.

### ABSTRACT

This paper reviews an aspect of Green Computing — energy-aware development tools. Three user applications providing energy recovery information are considered.

**Ключевые слова:** энергопотребление; энергосберегающие системы.  
**Keywords:** energy consumption; energy-aware systems.

Green computing представляет собой изучение проектирования и производства с использованием и ликвидацией устройств так, чтобы уменьшить их влияние на окружающую среду. Также, Green computing подразумевает разработку энергосберегающих систем, которая невозможна без специальных средств.

Далее представлены три примера пользовательских приложений, каждое из которых является инструментом предоставления информации разработчику с разных точек зрения использования энергии.

Первый, ЕТОР, собирает и показывает суммарное рассеивание энергии платформенных приложений и доменов питания. Он ценен для сравнения распределения энергии между приложениями. Второй

пример, эндоскоп, обеспечивает отслеживание энергии в более высоком временном разрешении, чтобы найти высокую степень рассеивания энергии в критических секциях приложений. Третий пример, Linux Trace Toolkit, усовершенствованная версия эндоскопа, созданная, чтобы предоставлять информацию о рассеивании энергии в графической форме в дополнение к существующей информации о трассировке ядра и приложений.

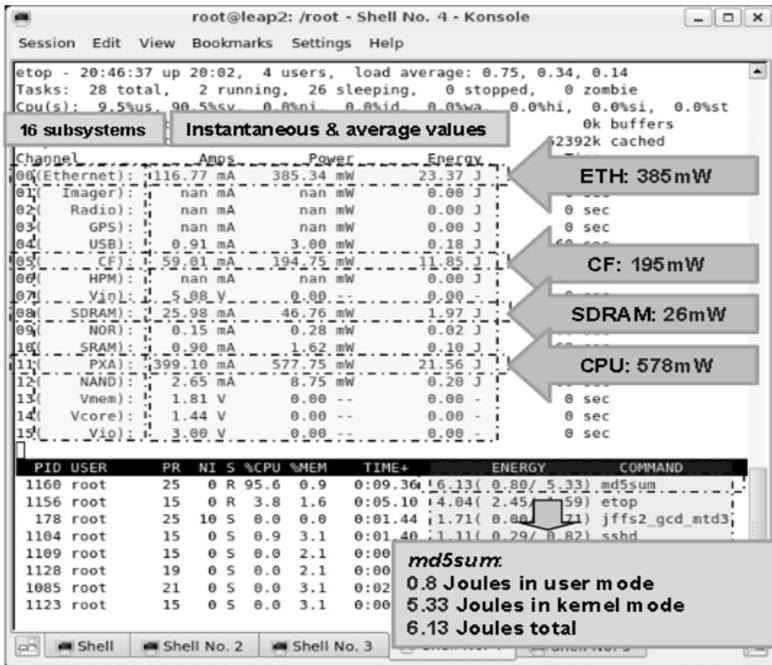


Рисунок 1. Применение Etop

Etop является инструментом пользовательского пространства, который дает возможность быстро определить энергопотребление при запуске произвольного набора процессов. Используя etop, разработчик приложения может легко визуализировать энергопотребление подсистем и потребление энергии запущенных процессов в режиме реального времени. Благодаря своей возможности быстрого отображения информации в режиме реального времени, он также может быть использован в качестве инструмента отладки для быстрого определения энергетической эффективности системы и процесса, а также для понимания распределения энергии процессов в динамической среде. Etop основан

на хорошо известной программе операционной системы UNIX-top. Etop добавляет две дополнительные возможности: текущая информация о питании и потреблении энергии каждой подсистемы и учет энергоресурсов каждого процесса. Рисунок 1 представляет скриншот Etop с верхней секцией отображения информации подсистем и нижней секцией отображения потребления энергии процессов.

Эндоскоп, в отличие от Etop, измеряет энергопотребление целых подсистем, а не тех, которые связаны с отдельными процессами. В результате принимаются меры для обеспечения того, чтобы эндоскоп измерял количество энергии только одного приложения. Этот метод эффективен для систем встраиваемого сетевого сканирования, которые, как правило, поддерживают одно главное приложение или набор приложений, которые можно считать главными.

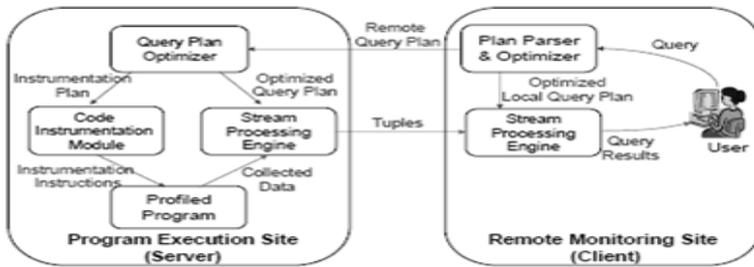


Рисунок 2. Применение Эндоскопа

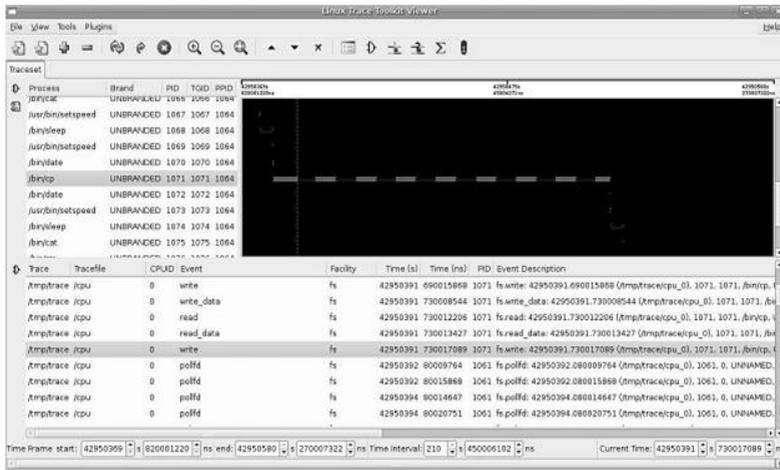


Рисунок 5. Применение LTT

Хотя эндоскоп обеспечивает отслеживание энергии в режиме реального времени, вскоре выяснилось, что данные, полученные в ходе профилирования приложений, могут стать существенными и могут помешать тестируемым приложениям. Была обнаружена трассировка с открытым исходным кодом и приложение визуализации, которая решила многие основные ограничения эндоскопа, обеспечивая модульную архитектуру программного обеспечения, чтобы обеспечить возможность развития, как для приложений ядра, так и для приложений пользовательского пространства. Linux Trace Toolkit (LTT) используется для записи трассировочных таблиц работы программного обеспечения в буфер ядра, оптимизированного для низкоскоростной передачи данных к приложениям записи пользовательского пространства.

### **Список литературы:**

1. McIntire, Dustin Hale. «Energy Efficient Computing with the LowPower, Energy Aware Processing (LEAP) Architecture», University of California Los Angeles, 2012.

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕСИНУСОИДАЛЬНОСТИ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ САМОЗАПУСКЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

***Шпота Артем Андреевич***

*студент 1 курса магистратуры,  
кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск  
E-mail: [Art-93-sh@yandex.ru](mailto:Art-93-sh@yandex.ru)*

***Орлов Дмитрий Викторович***

*студент 3 курса бакалавр,  
кафедра «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Планков Александр Анатольевич***

*канд. техн. наук, старший преподаватель, кафедра  
«Электроснабжение промышленных предприятий», Омский  
государственный технический университет, РФ, г. Омск*

## ANALYSIS OF INFLUENCE NONSINUSOIDALITY VOLTAGE WHEN SELF-INDUCTION MOTORS

***Shpota Artem***

*1 year master student, chair «Power supply of industrial enterprises»,  
Omsk State Technical University,  
Omsk, Russia*

***Orlov Dmitriy***

*3rd year student of Bachelor, chair «Power supply of industrial  
enterprises», Omsk State Technical University,  
Omsk, Russia*

***Plankov Alexandr***

*Scientific adviser, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, chair  
«Power supply of industrial enterprises», Omsk State Technical University,  
Omsk, Russia*

### АННОТАЦИЯ

В статье описано влияние высших гармоник на самозапуск асинхронного двигателя. Показаны гармоники, которые создают дополнительные моменты и, тем самым искажают механическую характеристику асинхронного двигателя. И получается, что несинусоидальность может стать фактором, определяющим условие возможности самозапуска АД.

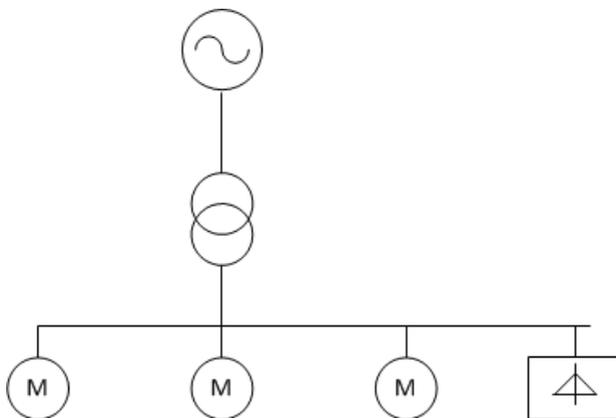
### ABSTRACT

The article describes the impact of the higher harmonics in the self-starting of the induction motor. Showing harmonics that create additional points and thereby distort the mechanical characteristic of the induction motor. And it turns out that nonsinusoidality can be a factor in determining the condition of the possibility of self-induction motor.

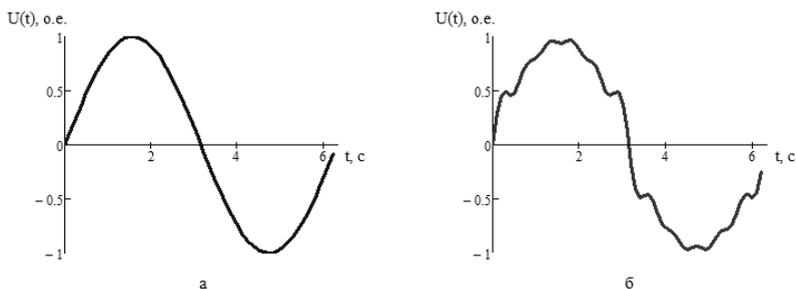
**Ключевые слова:** несинусоидальность; асинхронный двигатель; высшие гармоники.

**Keywords:** nonsinusoidality; induction motor; higher harmonics.

При подключении к шинам электростанций или подстанций группы разнородных потребителей (рисунок 1), состоящих из электродвигателей и нагрузок, искажающих синусоидальность формы кривой напряжения (или тока) (рисунок 2), последние оказывают влияние на устойчивую работу узла электрических нагрузок.

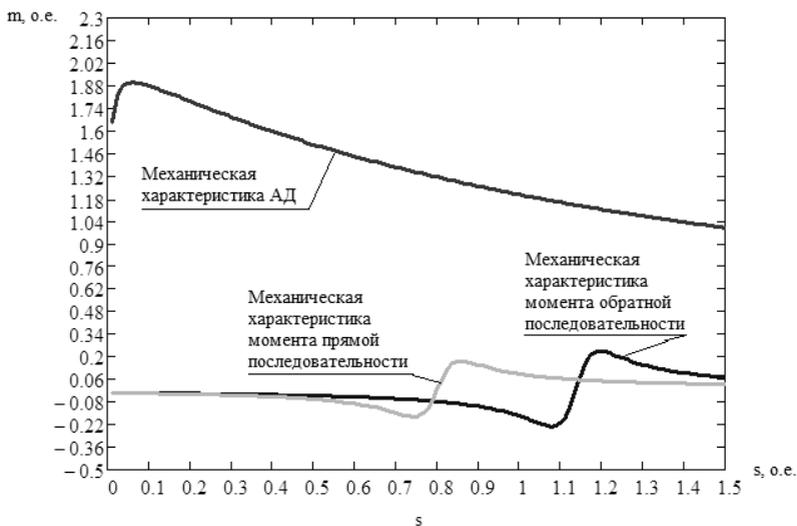
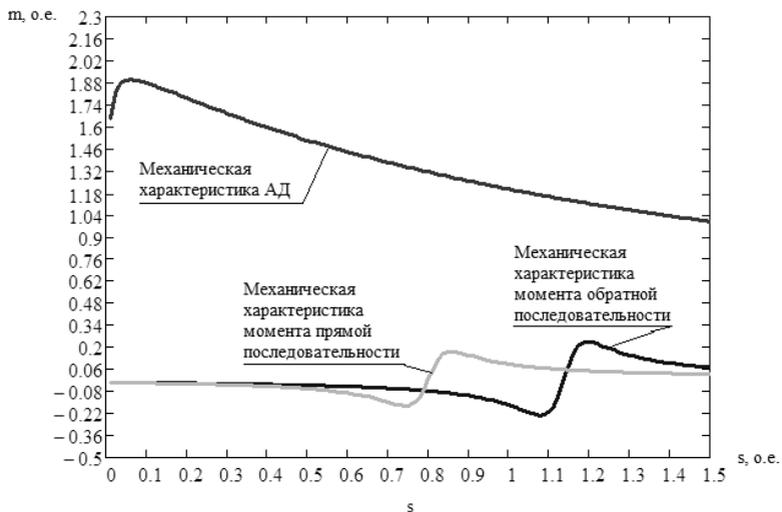


**Рисунок 1. Узел СЭС с асинхронной нагрузкой**



**Рисунок 2. Форма напряжения в узле нагрузки при:  
а)  $k_U = 0 \%$ ; б)  $k_U = 12 \%$**

Показателем, численно характеризующим искажение синусоидальности формы кривой напряжения (или тока), является коэффициент несинусоидальности. В соответствии с ГОСТ Р 54149-2010 «значения суммарных коэффициентов гармонических составляющих напряжения  $K_U$ , усредненные в интервале времени 10 мин в течение 95 % времени интервала в одну неделю, для класса напряжения 0,4 кВ не должны превышать значения 8 % и в течение 100 % времени интервала в одну неделю не должны превышать значения 12 %.



**Рисунок 3. Возникновение дополнительных вращающих моментов при несинусоидальности питающего напряжения**

В теории электрических машин (в трудах Рихтера, Вольдека) показано, что высшие гармонические составляющие напряжения создают дополнительные вращающие моменты от взаимодействия

токов и потоков одного порядка, а также колебательных моментов от взаимодействия между собой гармонических разных порядков (рисунок 3). Согласно [3], искажение механической характеристики АД наблюдается при значениях скольжений, близких к единице.

Например, для пятой гармонической чередование максимумов тока в фазах является обратным по сравнению с чередованием токов первой гармонической. Следовательно, пятая гармоническая магнитного потока вращается в сторону, противоположную направлению вращения основного магнитного поля (поля первой гармонической)

$$s_v = \frac{v + (1 - s_{ном})}{v},$$

где:  $v$  — номер ВГ;

$s_{ном}$  — номинальное скольжение АД;

$$v = 6n - 1, n \in N.$$

Для седьмой гармонической чередование максимумов тока, а следовательно, и направление вращения поля совпадают с первой гармонической

$$s_v = \frac{v - (1 - s_{ном})}{v},$$

$$v = 6n + 1, n \in N.$$

Гармоники, кратные трём, не создают дополнительных моментов, поэтому в данной работе мы ими пренебрегаем.

Как видно из конкретного примера (рисунок 3), результирующая механическая характеристика, образованная суммой моментов, создаваемых основной частотой, а также 5-й и 7-й гармониками, имеет участки, где значения электромеханического момента отличаются от характеристики, полученной при синусоидальной форме кривой питающего напряжения.

Очевидно, что именно механическая характеристика АД, точнее ее искажение моментами, создаваемыми ВГ, будет определяющим фактором при расчетах самозапуска.

Кроме того, как следует из выражения [3]

$$m_{\partial e}(s) = \frac{(2+q)b_m}{\frac{s}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s} + q} \cdot U_*^2 + \sum_{\nu=2}^{40} \frac{2b_m}{\frac{s - (s_\nu - s_{кр})}{s_{кр}} + \frac{s_{кр}}{s - (s_\nu - s_{кр})}} \cdot U_{\nu*}^2,$$

где:  $b_m$  — кратность максимального момента АД;

$s_{кр}$  — критическое скольжение АД;

$U_*$  и  $U_{\nu*}$  — напряжение на основной частоте и на частотах ВГ;

$s_\nu$  — скольжение ВГ, определяемое по формулам,

на величины моментов существенное влияние окажет такой параметр АД, как кратность максимального момента [3].

Известно [3], что несинусоидальность питающего напряжения в узле нагрузок СЭС оказывает влияние на условия самозапуска АД лишь при достижении скольжением выбега значения от 0,7 до 1 [1]. Однако это является необходимым, но не достаточным условием учета влияния несинусоидальности напряжения при расчете самозапуска АД [3].

Для определения достаточных условий проведен ряд численных экспериментов [3].

Одним из принципиальных отличий самозапуска АД от пуска является то, что самозапуск осуществляется при пониженном напряжении ( $U_{ост}$ ).

Следует отметить, что необходимым условием оценки возможности самозапуска является превышение момента АД ( $m_{\partial e}$ ) над моментом ИОРМ ( $m_{mp}$ ) на 10 % при значениях скольжения из расчета выбега [2], т. е.

$$m_{\partial e} \geq 1,1m_{mp}.$$

Вышеизложенное позволяет сделать вывод [3]: если при расчете выбега АД скольжение ротора достигает значения  $s \geq 0,7$ , а также при условии просадки напряжения — несинусоидальность может стать фактором, определяющим условие возможности самозапуска АД. Таким образом, возникают задачи:

1. Определить взаимное влияние несинусоидальности, снижения питающего напряжения и величины скольжения выбега АД на условия возможности самозапуска и процесс дальнейшего разгона АД.

2. Получить количественные характеристики коэффициентов несинусоидальности и  $n$ -ной гармонической составляющей, при которых учет несинусоидальности кривой питающего напряжения будет обязателен.

### **Список литературы:**

1. ГОСТ Р 54149-2010. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения / М., Изд-во: Стандартиформ. 2012. — 20 с.
2. Куренный Э.Г., Шидловский А.К., Борисов Б.П., Вагин Г.Я., Крахмалин И.Г. Электромагнитная совместимость электроприемников промышленных предприятий. Киев: Наукова думка, 1992. — 236 с.
3. Планков А.А. Учет нагрева токоведущих частей в расчетах потерь мощности и электроэнергии при несинусоидальных режимах систем: Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / А.А. Планков Омский государственный технический университет, Омск, 2013. — 125 с.

## СЕКЦИЯ 4.

# ГОРНАЯ И СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРОДЕТОНАТОРОВ

*Саханский Юрий Владимирович*

*канд. техн. наук, доцент кафедры Теоретической электротехники  
и электрических машин Северо-Кавказского горно-металлургического  
института (Государственного технологического Университета),*

*РФ, г. Владикавказ*

*E-mail: [749951@rambler.ru](mailto:749951@rambler.ru)*

## PROMISING AREAS FOR IMPROVING OF ELECTRIC DETONATORS

*Sahansky Yuriy*

*Ph.D., Associate Professor, Department of Theoretical Electrical  
Engineering and Electrical Machines North Caucasus Mining  
and Metallurgical Institute (State Technological University),*

*Russia, Vladikavkaz*

## АННОТАЦИЯ

Рассмотрены наиболее широко применяемые на практике горного дела электродетонаторы, в т. ч. с электронным замедлением. Проанализированы временные интервалы их срабатывания и реализуемого замедления в зависимости от температуры окружающей среды.

## ABSTRACT

Considered the most widely used in practice Mining electrodetonators, including with electronic delay. Analyzed time intervals of their operation and implemented deceleration depending on the ambient temperature.

**Ключевые слова:** электровзрывание; электродетонатор; безотказность.

**Keywords:** electroblasting; electric detonators; reliability.

Исследование методов проведения электровзрывных работ, их совершенствование, оптимизацию и повышение безопасности можно провести наиболее полно и эффективно, рассматривая электровзрывной комплекс как систему. Системный подход позволит наиболее полно исследовать как внутренние связи и функционально-структурные особенности электровзрывного комплекса, так и условия и особенности его взаимодействия с внешней средой, наметить пути оптимизации этих взаимодействий.

Одной из основных составляющих частей системы электровзрывания являются электродетонаторы [3, с. 18].

Электродетонатор — устройство, предназначенное для детонации заряда взрывчатых веществ, детонирующего шнура или промежуточного детонатора.

Электрический ток служит начальным импульсом в электродетонаторе. Электродетонаторы широко применяются для инициирования промышленных взрывчатых веществ, например в горной промышленности, в строительстве и т. д.

В настоящее время помимо обычных электродетонаторов стали использовать электродетонаторы с электронным замедлением (ЭДЭЗ), которые по своим свойствам существенно отличаются от обычных, например, высокой степенью безопасности. Так, ЭДЭЗ практически не подвержены влиянию посторонних электромагнитных импульсов и блуждающих токов, в то время как обычные электродетонаторы подвержены произвольной детонации от блуждающих токов, разряда молнии и т. п.

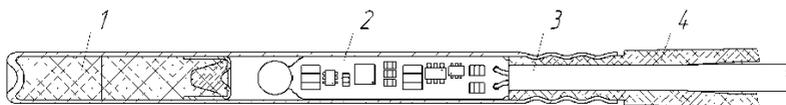
ЭДЭЗ представляют собой часть обычного электродетонатора со встроенным миниатюрным микроконтроллером, позволяющим осуществить инициирование зарядов взрывчатых веществ в заданном временном промежутке. В электровзрывных цепях при групповом взрывании используют три основных типа соединений электродетонаторов: параллельное, последовательное и смешанное.

Двухпроводная взрывная линия используется как для подачи тока к ЭДЭЗ и предварительного заряда конденсатора-накопителя в нём, так и для передачи кодированных команд в микроконтроллер ЭДЭЗ и получения ответного сигнала от него. Подрывник с помощью обычного компьютера может тестировать ЭДЭЗ на собранной взрывной линии, устанавливая последовательность взрывания и непосредственно осуществлять подрыв. После получения сигнала «подрыв» ЭДЭЗ переходит в автономный режим питания, отсчитывает заданное время и срабатывает, даже если взрывная линия к этому моменту повреждена или разрушена. Каждый ЭДЭЗ имеет индиви-

дуальный идентификационный номер, заданный в процессе его изготовления [1, с. 54]. Благодаря этому подрывник может обращаться к каждому ЭДЭЗ по отдельности. В отличие от обычных электродетонаторов ЭДЭЗ при разлете не даёт тлеющих осколков, что делает их безопасными при применении в запыленных и загазованных условиях, имеют защиту от бытовых и промышленных источников питания, служащих причиной возникновения блуждающих токов. Это исключает возможность самопроизвольного взрыва таких детонаторов.

Наличие у ЭДЭЗ индивидуального идентификационного номера позволяет проследить пути утечки детонаторов в случае их хищения. Несмотря на относительно высокую стоимость электронных детонаторов, около 5 % от всей стоимости взрыва, использование таких изделий экономически оправданно. Ожидаемый экономический эффект от производства взрывных работ — около 30 % [1, с. 36]. При точном задании последовательности взрывания повышается эффективность применения взрывчатых материалов. Это позволяет экономить на стоимости взрывчатых веществ. Как побочный эффект, это приводит к уменьшению выбросов в атмосферу и снижению сейсмичности.

Основой ЭДЭЗ является капсуль-детонатор мгновенного действия со встроенным электронным узлом, обеспечивающим замедление и срабатывание электровоспламенительной головки.



**Рисунок 1. Схематическое изображение ЭДЭЗ: 1 — капсуль-детонатор мгновенного действия; 2 — воспламенитель с электронным замедлением; 3 — провод выводной; 4 — втулка резиновая**

В капсуле-детонаторе мгновенного действия 1 размещен воспламенитель с электронным замедлением 2, который обеспечивает отчет времени замедления и срабатывание капсуля-детонатора; питание и информационный обмен с электронным узлом осуществляется через провод выводной 3, герметичность детонатора ЭДЭЗ обеспечивается с помощью втулки резиновой 4.

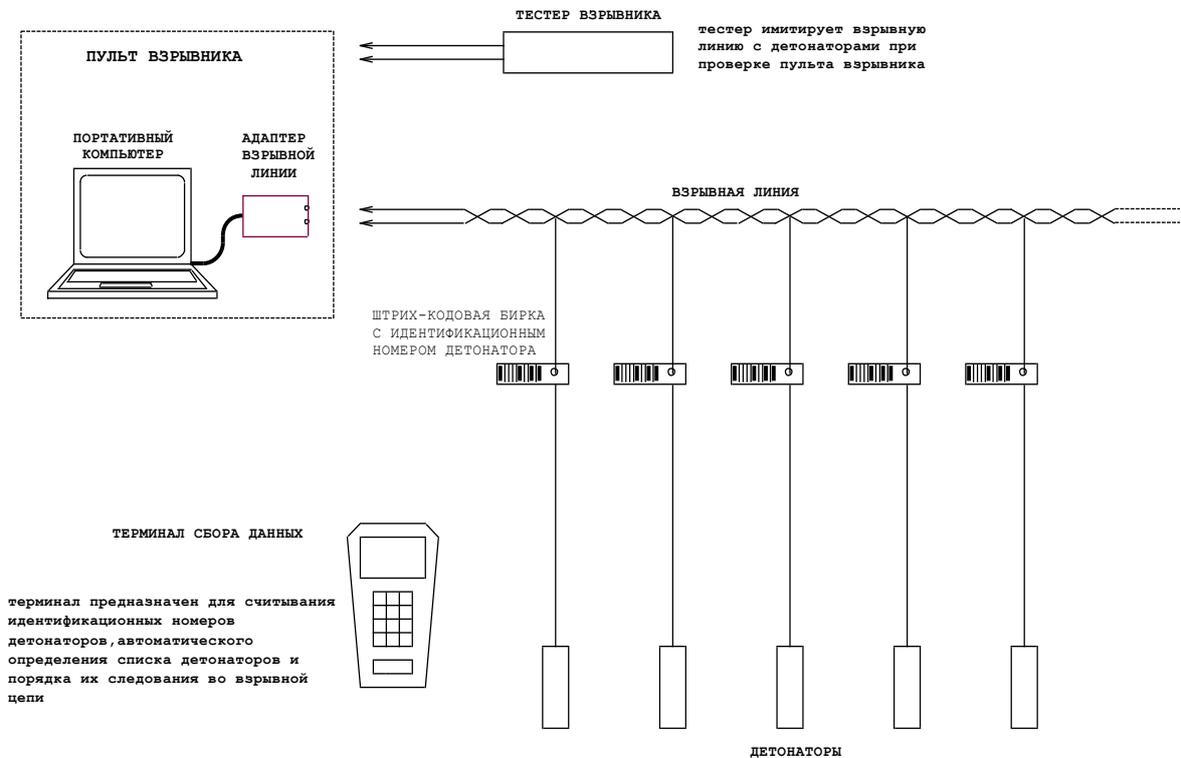
Основным достоинством электрических систем инициирования, что подтверждается их большой востребованностью, является простота, надёжность, безопасность и удобство в обращении и приме-

нении. Основным же недостатком обычных как электрических, так и неэлектрических систем инициирования, имеющих в своём составе пиротехнический замедляющий элемент, является относительная неравномерность скорости горения замедлителя, вследствие этого разброс времени срабатывания изделий может достигать значительных значений (до 10 % от номинального), что приводит к потере контроля над массовым взрывом, и как результат, к снижению качества взрывной подготовки горной массы. ЭДЭЗ лишены вышеуказанного недостатка, т. к. имеют встроенный микроконтроллер, обеспечивающий высокую ( $\pm 1$  мс) точность замедления. К достоинствам также можно отнести возможность программирования времени замедления каждого детонатора непосредственно перед взрывом, выбранное из широкого интервала (от 1 до 10 000 мс) [2].

К недостаткам ЭДЭЗ можно отнести:

- высокую стоимость;
- дополнительные затраты времени перед производством взрыва на программирование и тестирование электронных детонаторов;
- высокие требования к квалификации взрывников;
- необходимость дополнительного обучения специалистов и наличие специальной аппаратуры с программным обеспечением для проведения взрывных работ.
- необходимость выполнения обоснованного точного расчёта программируемого времени замедления инициирования зарядов, что требует высокой квалификации специалистов-взрывников.

Зачастую при применении средств инициирования с электронным замедлением при программировании устанавливается время замедления, как и у применяемых ранее систем с пиротехническим замедлителем, что значительно ограничивает возможности системы. В общем виде системы инициирования с использованием ЭДЭЗ можно представить в виде условной схемы (рис. 1.).



*Рисунок 2. Структурная схема системы иницирования с использованием ЭДЭЗ*

В электрической схеме предусмотрена компенсация температурного дрейфа, что устраняет влияние температуры окружающей среды на точность срабатывания изделия. Схема компенсации основана на принципе зависимости прямого напряжения на диоде от температуры. Измеряя в начале работы это напряжение, микропроцессор вычисляет текущую температуру печатной платы модуля электронного замедления. Значение измеренной температуры используется для калибровки по температуре номинальной частоты опорного генератора. С целью уменьшения времени срабатывания (увеличения быстродействия) разработан специальный тонкопленочный воспламенитель. Время замедления с точностью до 1 мс программируется в процессе производства с учётом фактической длины ударно-волновой трубки. В процессе изготовления устройства алгоритм работы программы микроконтроллера позволяет «защитить» идентификационный номер каждого электронного модуля замедления после программирования основной программы.

Возможно дублирование идентификационного номера на боковой поверхности алюминиевой гильзы капсуля-детонатора изделия путём нанесения лазером штрихового кода, выполненного в структуре RSS-кода в исполнении 2D.

С помощью специальных команд производится тестирование электронного модуля и в соответствующие регистры устройства сопряжения записывается информация с идентификационным номером, заданным временем замедления и измеренным временем замедления.

При применении ЭДЭЗ для получения точного запрограммированного времени замедления необходимо инициировать ударно-волновую трубку вблизи ( $\pm 10$  см) от места прикрепления этикетки, указывающей время замедления. Все приведённые меры позволили достичь разброса заданного времени задержки не более  $0,2 \text{ мс} + 0,2 \%$  от времени замедления в диапазоне температур от минус  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  до плюс  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

*Таблица 1.*

**Фактическое время срабатывания устройств ЭДЭЗ  
при температуре  $(23 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$  [3, с. 4]**

Номинальное время замедления, мс	100	200	300	400	500	600	1000	1500	2000	3000
Зафиксированное время замедления, мс	100,2	199,8	300,5	401,0	501,1	598,8	998,0	1497,7	1998,3	3004

*Таблица 2.*

**Фактическое время срабатывания устройства ЭДЭЗ  
при температуре минус 50 °С [3, с. 4]**

<b>Номинальное время замедления, мс</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>500</b>	<b>600</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>
Зафиксированное время замедления, мс	99,6	199,5	299,3	399,1	499	598,9	998	1497,2	1990,8	2997

*Таблица 3.*

**Фактическое время срабатывания устройства ЭДЭЗ  
при температуре плюс 50 °С [3, с. 4]**

<b>Номинальное время замедления, мс</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>500</b>	<b>600</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>2000</b>	<b>3000</b>
Зафиксированное время замедления, мс	100,3	200,5	300,7	400,9	501,1	601,3	1002,1	1501,4	2003,5	3005,7

Двухпроводная взрывная линия служит для подачи питания на ЭДЭЗ, передачи кодированных команд и получения ответной информации от ЭДЭЗ в процессе тестирования. Выводные провода ЭДЭЗ с помощью специальных соединителей присоединяют к взрывной линии, которая, в свою очередь, соединяют через согласующий адаптер с компьютером (ноутбуком). Каждый электронный детонатор имеет свой индивидуальный идентификационный номер, запрограммированный в процессе производства. Благодаря индивидуальному номеру, оператор взрывных работ может обращаться к каждому ЭДЭЗ отдельно с помощью кодированного сигнала.

С помощью специальной программы оператором компьютера (ноутбука) проводится тестирование каждого ЭДЭЗ на его исправность и готовность к взрыву, после чего задается последовательность взрывания каждого детонатора; проводится дополнительное тестирование на исправность ЭДЭЗ и целостность взрывной сети и выдается команда «подрыв». После получения команды «подрыв» каждый ЭДЭЗ переходит в режим автономного питания, самостоятельно отсчитывает заданное время и срабатывает даже в том случае, если взрывная линия к этому моменту будет разрушена.

Всё вышеизложенное позволяет сделать вывод, что в ближайшей перспективе ЭДЭЗ могут составить реальную конкуренцию обычным электродетонаторам, т.к. они обладают большим потенциалом по повышению эффективности, безопасности и безотказности буровзрывных работ.

Результаты теоретических исследований в настоящее время подвергаются экспериментальной проверке, которая уже даёт положительные результаты. В частности, электродетонаторы с параметрическим замедлением будут обладать свойствами, аналогичным свойствам ЭДЭЗ, однако они будут существенно дешевле в производстве и эксплуатации.

### **Список литературы:**

1. Андреев В.В. Об особенностях применения систем взрывания с электронным замедлением, 2010 г.
2. Иванов А.С. Перспективы развития современных средств инициирования. ОАО «НМЗ «Искра» г. Новосибирск, 2012.
3. Колганов Е.В., Ильин В.П., Соснин В.А., Страхов А.Г., Беллин В.А., Ефремовцев А.Н. Выбор систем управления взрывом, 2010 г.

## **СЕКЦИЯ 5.**

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

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНГИБИТОРА КОРРОЗИИ МАРКИ СОНКОР-9011 В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

***Насибуллина Оксана Алексеевна***

*канд. техн. наук, доцент*

*Уфимского государственного нефтяного технического университета,*

*РФ, г. Уфа*

*E-mail: [ksu33@bk.ru](mailto:ksu33@bk.ru)*

***Ямилев Марат Замирович***

*канд. техн. наук*

*Уфимского государственного нефтяного технического университета,*

*РФ, г. Уфа*

***Биккинин Айдар Илшатович***

*студент*

*Уфимского государственного нефтяного технического университета,*

*РФ, г. Уфа*

# A STUDY OF EFFECTIVENESS OF CORROSION INHIBITOR BRAND CONCOR-9011 IN WEST SIBERIA

***Oksana Nasibullina***

*candidate of Technical Science, assistant professor  
of Ufa State Petroleum Technological University,  
Russia, Ufa*

***Marat Yamilev***

*candidate of Technical Science  
Ufa State Petroleum Technological University,  
Russia, Ufa*

***Aydar Bikkinin***

*student of Ufa State Petroleum Technological University,  
Russia, Ufa*

## АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрен вопрос эффективности применения ингибитора коррозии марки Сонкор-9011. Был произведен комплекс лабораторных испытаний исследуемого ингибитора коррозии, предназначенного для работы в условиях расслоенного (ламинарного) режима течения жидкости. На основании проведенных исследований, показано, что СОНКОР-9011 образует устойчивую, прочную, равномерную защитную пленку, также исследуемый ингибитор коррозии обладает хорошей динамикой защиты. Его защитная способность превышает 90 %.

## ABSTRACT

The article discusses the effectiveness of corrosion inhibitor brand concor-9011. There was produced complex laboratory testing of the corrosion inhibitor is intended for operation in the stratified (laminar) flow conditions of the liquid. Based on these studies, it was shown that CONCOR-9011 forms a stable, durable, uniform protective film also investigated corrosion inhibitor have a good dynamic protection. It has defensive ability more than 90 %.

**Ключевые слова:** ингибитор коррозии; защитная пленка; трубопровод; уголекислотная коррозия; пузырьковый тест.

**Keywords:** corrosion inhibitor; protective film; pipeline; carbon dioxide corrosion; Bubble test.

Как показал анализ деятельности нефтедобывающих предприятий, основной причиной разрушения промысловых трубопроводов является коррозия, приводящая к потере добываемого продукта. Сокращение разливов нефти, вызванное коррозией трубопроводов, снижает энергоэффективность. Нефтепроводы системы сбора нефти в Западной Сибири подвержены интенсивной коррозии. Одним из способов борьбы с коррозией является применение ингибиторов коррозии. Ингибирование коррозии является предметом многочисленных исследований. В зависимости от среды, в которой эксплуатируется трубопровод, ингибиторы целесообразно классифицировать следующим образом: 1) пассиваторы, 2) органические ингибиторы, включая консистентные смазки и ингибиторы травления, 3) летучие (парофазные) ингибиторы [4, с. 101].

Практика применения ингибиторной защиты нефтепромысловых трубопроводов в условиях высокого содержания механических примесей в добываемой жидкости показывает, что для защиты трубопроводов, в данных условиях, эффективнее применять ингибиторы коррозии, обладающие высокими адгезионными свойствами и минимальным временем отклика защиты [1, с. 150]. Таким образом, задача ингибитора коррозии в данном случае состоит в том, чтобы после воздействия механических примесей на внутреннюю поверхность трубопровода, мгновенно образовать на оголенном металле прочную защитную ингибиторную пленку.

Проведены коррозионные испытания ингибитора коррозии СОНКОР 9011 с целью оценки эффективности действия в условиях углекислотной коррозии месторождений Западной Сибири. СОНКОР-9011 — водорастворимый ингибитор коррозии, предназначен для работы в условиях расслоенного (ламинарного) режима течения жидкости. Может применяться, как в системах нефтесбора, так и ППД. По причине отсутствия реальной пластовой воды с месторождений, во время испытаний была использована модель пластовой воды (МПВ).

Лабораторные испытания ингибиторов коррозии проводили в соответствие с методикой — «Методика испытания ингибиторов коррозии «Пузырьковый тест» (или Bubble test). Одновременно с этим были произведены электрохимические испытания. Температура испытательной среды составляла 24 °С (комнатная). Время испытания 6 часов.

Регистрацию скоростей коррозии осуществляли датчиками с электродами [5, с. 92]. Скорость коррозии регистрировали коррози-метром по методу линейного поляризационного сопротивления. Интервал измерений 15 минут.

Степень защиты ингибиторов коррозии рассчитывали по формуле (1):

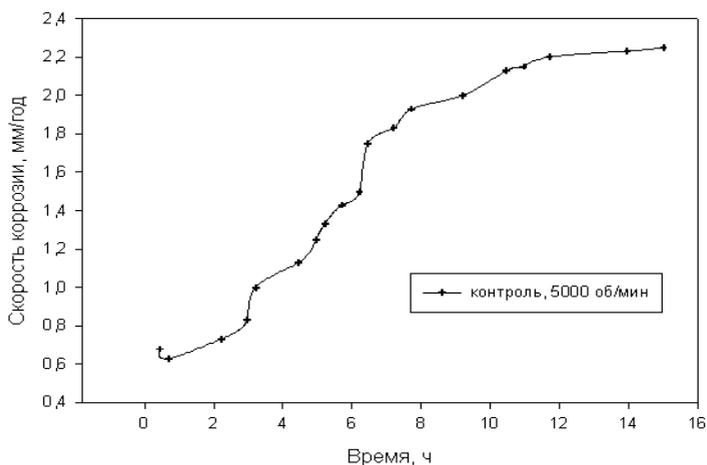
$$Z = \frac{CR_{\phi} - CR}{CR_{\phi}} * 100, \% . \quad (1)$$

где:  $Z$  — степень защиты ингибитора коррозии, %;

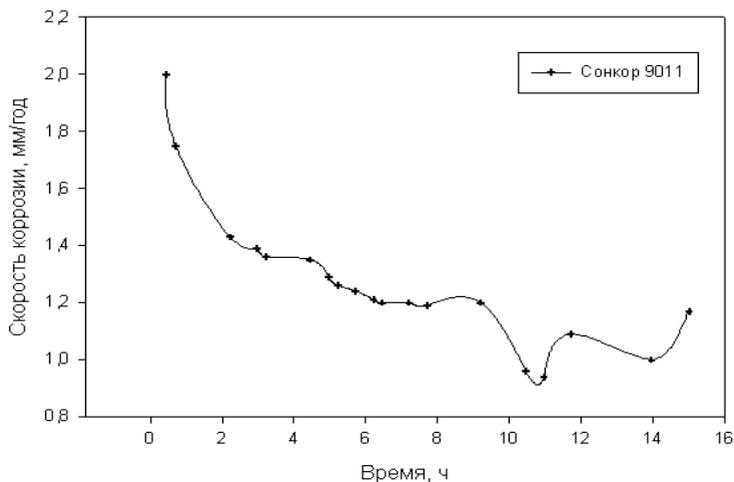
$CR_{\phi}$  — «фоновая» скорость коррозии, мм/год (мД/год);

$CR$  — скорость коррозии в присутствии ингибитора коррозии, мм/год (мД/год).

Прочность ингибиторной пленки испытывали на установке вращающегося дискового электрода в коррозионной среде с присутствием механических примесей [2, с. 97]. Скорость вращения дискового электрода составляла 5000 Об/мин, что соответствовала напряжению сдвига на поверхности диска 33 Па и линейной скорости потока жидкости равной 2,7 м/с [3, с. 10]. На рисунке 1 изображен график изменения скорости коррозии во времени вращающегося электрода без ингибитора коррозии (контроль). На рисунках 2, изображен график изменения скоростей коррозии во времени вращающегося электрода с ингибитором коррозии СОНКОР-9011.

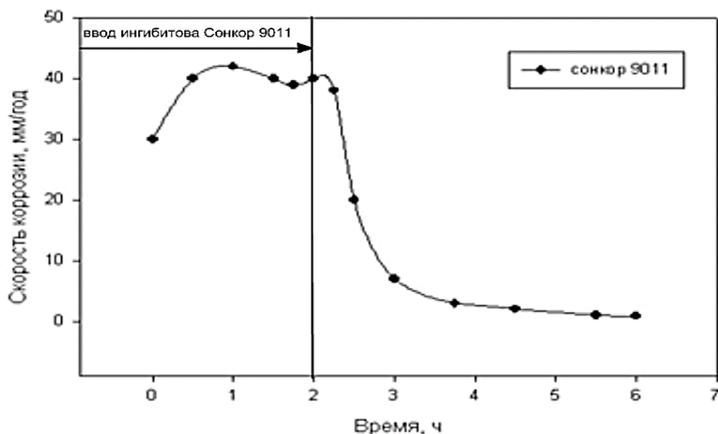


**Рисунок 1. Изменении скорости коррозии вращающегося электрода во времени без ингибитора коррозии. скорость вращения 5000 Об/мин.**



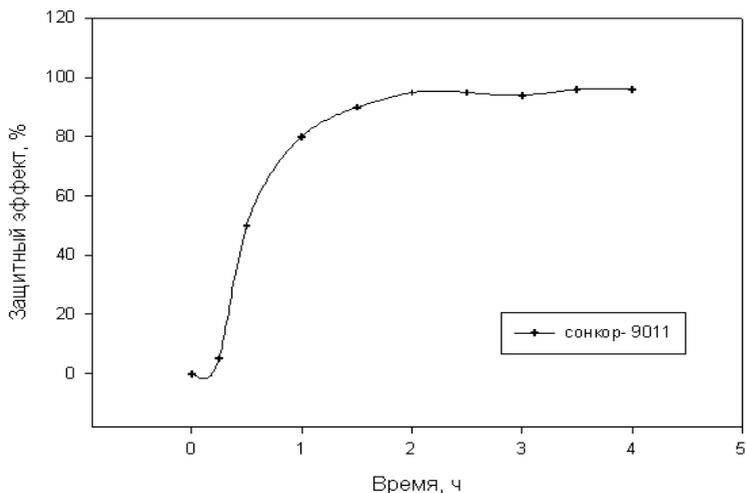
**Рисунок 2. Изменения скорости коррозии вращающегося электрода во времени с ингибитором коррозии СОНКОР-9011. Скорость вращения 5000 Об/мин.**

Как видно из вышеприведенных графиков СОНКОР 9011 образует прочную равномерную пленку стабильную в течение более 16 часов при сдвиге 33 Па. С учетом низкой остаточной скорости коррозии можно рекомендовать его для любых течений жидкости.



**Рисунок 3. Зависимость скорости коррозии от времени в присутствии ингибитора коррозии СОНКОР-9011. Система ППД**

На рисунках 3 и 4 приведены зависимости скорости коррозии и защитного эффекта в присутствии испытуемого ингибитора коррозии. Система ППД.



**Рисунок 4. Зависимость защитного эффекта от времени в присутствии ингибитора коррозии СОНКОР-9011. Система ППД**

Результаты испытаний показали, что ингибитор коррозии СОНКОР-9011 образует устойчивую защитную пленку в присутствии высокого содержания механических примесей.

#### **Выводы:**

1. Из полученных графиков изменения скорости коррозии вращающегося электрода во времени в присутствии испытуемого ингибитора коррозии видно, что ингибитор коррозии СОНКОР-9011 эффективен и способен образовывать прочную, равномерную и устойчивую пленку.

2. Из полученных графиков электрохимических испытаний на определение защитной способности ИК видно, что СОНКОР-9011 обладает хорошей динамикой защиты. Его защитная способность превышает 90 %.

### Список литературы:

1. Гареев А.Г., Насибуллина О.А., Ризванов Р.Г. Изучение коррозионного растрескивания магистральных газонефтепроводов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». — 2012. — № 6. — С. 126—146. [Электронный ресурс] — режим доступа. — URL: [http://ogbus.ru/authors/Gareev/Gareev\\_2.pdf](http://ogbus.ru/authors/Gareev/Gareev_2.pdf) (дата 20.09.2014).
2. Коррозионно-механическая стойкость нефтегазовых трубопроводных систем /Абдуллин И.Г. и др. Уфа: Гилем, 1997. — 177 с.
3. Насибуллина О.А., Хажиев А.Д. Оценка защитных свойств ингибиторов коррозии СОНКОР в условиях высокого содержания механических примесей в пластовых водах // Научно-практическая конференция «Экологические проблемы нефтедобычи-2014». Уфа: Нефтегазовое дело, 2014. — с. 10—11.
4. Повышение безопасности эксплуатации газонефтепроводов в условиях коррозионно-механических воздействий / Гареев А.Г. и др. СПб.: Недра, 2012. — 220 с.
5. Тюсенков А.С., Кононов Д.В., Бугай Д.Е., Лаптев А.Б. Изменение коррозионной активности воды при транспорте водонефтяной смеси по футерованному трубопроводу // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». — 2011. — № 5. — С. 89—95. [Электронный ресурс] — режим доступа. — URL: [http://ogbus.ru/authors/Tyusenkov/Tyusenkov\\_1.pdf](http://ogbus.ru/authors/Tyusenkov/Tyusenkov_1.pdf) (09.09.2014).

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕМА  
«ЗАХОЛАЖИВАЮЩЕЙ» ГОЛОВНОЙ ЧАСТИ  
КУЗНЕЧНОГО СЛИТКА НА ОСОБЕННОСТИ  
ЕГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ И РАЗВИТИЯ ДЕФЕКТНЫХ ЗОН**

***Зюбан Николай Александрович***

*д-р техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Технология материалов»  
Волгоградского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [tecmat@vstu.ru](mailto:tecmat@vstu.ru)*

***Руцкий Дмитрий Владимирович***

*канд. техн. наук, доцент  
Волгоградского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Волгоград*

***Галкин Антон Николаевич***

*аспирант  
Волгоградского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Волгоград*

***Гаманюк Сергей Борисович***

*канд. техн. наук, доцент  
Волгоградского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Волгоград*

***Пузиков Артемий Ярославич***

*аспирант  
Волгоградского Государственного Технического Университета,  
РФ, г. Волгоград*

**RESEARCH OF INFLUENCE OF VOLUME  
OF THE "COOLING" HOT TOP OF THE FORGE INGOT  
ON FEATURES OF ITS HARDENING  
AND DEVELOPMENT OF DEFECTIVE ZONES**

***Nikolai Zyuban***

*doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department "Materials  
Technology" Volgograd State Technical University,  
Russia, Volgograd*

***Dmitry Rutskiï***

*associate professor of Volgograd State Technical University,  
Russia, Volgograd*

***Anton Galkin***

*graduate student of the Volgograd State Technical University,  
Russia, Volgograd*

***Sergey Gamanyuk***

*associate professor of Volgograd State Technical University,  
Russia, Volgograd*

***Artemy Puzikov***

*graduate student of the Volgograd State Technical University,  
Russia, Volgograd*

**АННОТАЦИЯ**

Целью работы являлось исследование влияния объема «захлаживающей» головной части кузнечного слитка на особенности развития дефектных зон. Результаты исследования, проводимого на основе физического моделирования, показали что использование слитка с максимальной степенью охлаждения (прибыль-холодильник) приводит к увеличению в 1,5 раза вертикальной составляющей затвердевания по сравнению с обычным слитком с утепляющей прибылью, что обеспечивает благоприятные условия для уменьшения развития ликвационных процессов и повышения химической однородности литого металла.

**ABSTRACT**

The purpose of work was research of influence of volume of the "cooling" head part of a forge ingot on features of development of defective zones.

Results of the research conducted on the basis of physical modeling showed that use of an ingot with the maximum extent of cooling (profit refrigerator) leads to increase by 1,5 times of a vertical component of hardening in comparison with a usual ingot with the warming profit that the likvatsionnykh of processes and increase of chemical uniformity of cast metal provides favorable conditions for development reduction.

**Ключевые слова:** слиток; «захолаживающая» надставка; физическое моделирование; затвердевание.

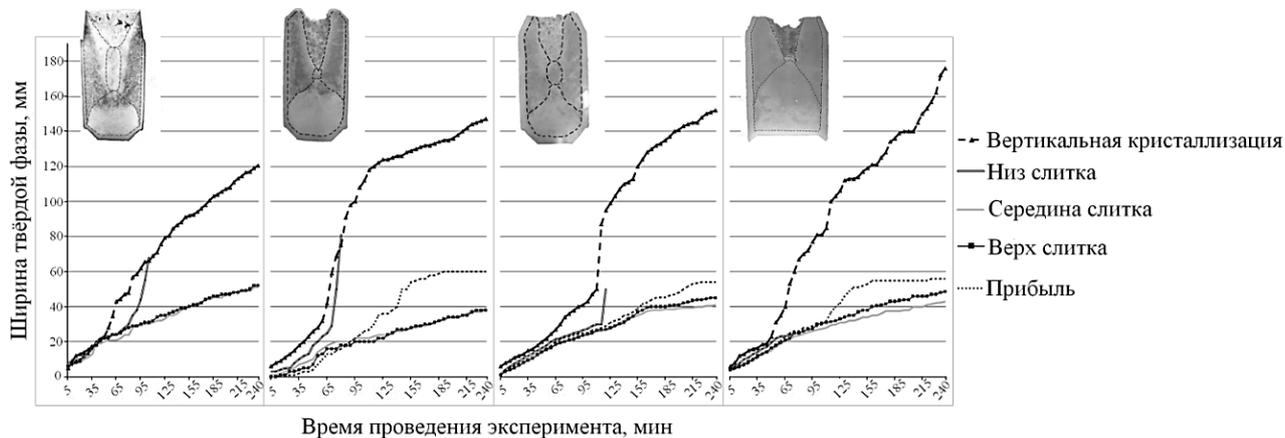
**Keywords:** ingo; "cooling" hot top; physical modeling; solidification.

Работа выполнена в рамках проекта РФФИ, соглашение № НК 15-08-08098\15. Классическая технология получения слитков путём разливки стали в изложницы с утепляющей прибыльной надставкой является наиболее распространённой после непрерывной разливки, имеющей свой сортамент и предназначение. Обеспечивая относительно плотную осевую зону утепление прибыли способствует интенсивному развитию ликвационных процессов по высоте слитка, особенно ликвации углерода, серы и фосфора, что отрицательно сказывается на качестве получаемых заготовок и уменьшении выхода годного.

Уменьшить структурную и химическую неоднородность можно рядом технических решений — вибрационным воздействием [3], инокулированием [2; 5], вращением слитка при затвердевании и др., однако главным условием получения качественного металла остаются правильно выбранные геометрические параметры слитка [1; 8; 9]. Именно в этом случае можно получить более благоприятную макроструктуру, снизить ликвационную неоднородность и дефектность осевой зоны.

Одним из методов, позволяющих совместить эти два условия, является отливка слитков с применением захолаживания прибыли, предназначенная для производства полых поковок. Использование этой технологии обусловило повышение выхода годного, перемещение усадочной раковины в осевую область, удаляемую при ковке, уменьшение ликвации углерода, серы, фосфора по высоте слитка [7].

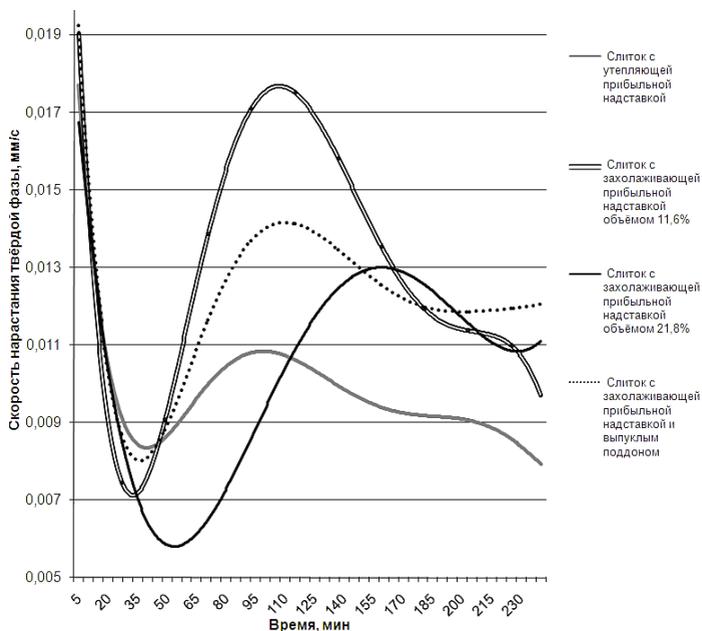
Физическое моделирование, процесса затвердевания слитков, проводилось на моделях — изложницах с утепляющей и захолаживаемыми прибыльными надставками различного объема [4; 6].



**Рисунок 1.** Динамика нарастания твёрдой фазы модельных слитков в зависимости от времени затвердевания: а — обычный слиток; б — слиток с захлажденной прибыльной надставкой малого объёма (11,6 %); в — слиток с захлаженной прибыльной надставкой большего объёма (21,8); г — слиток, полученный совместным использованием захлаживающей прибыльной надставки и выпуклого поддона

По результатам физического моделирования для различных горизонтов слитка были построены графики зависимости изменения количества нарастающего твёрдого слоя в вертикальном направлении от времени охлаждения расплавленного гипосульфита в изложнице (рисунок 1) с различными объёмами захлаживающей надставки (11,6 %, 21,8 %).

Приведённые данные характеризуют особенности затвердевания, как всего слитка, так и различных его областей, в зависимости от условий теплоотвода. В случае (см. рисунок 1 а) с утепляющей прибыльной надставкой рост твёрдой фазы в вертикальном направлении практически линейно связан со временем процесса, приближаясь к прямо пропорциональной зависимости. Это характеризует стабильность и равномерность процесса кристаллизации модельного слитка традиционной формы.



**Рисунок 2. Изменение скорости вертикальной кристаллизации модельных слитков в процессе затвердевания расплава в зависимости от условий охлаждения**

При использовании захлаживаемой прибыли объёмом 11,6 % (см. рисунок 1 б) пропорциональный участок вертикальной кристал-

лизации сохраняется в течение 50 мин., после чего интенсивность затвердевания многократно возрастает. Это обусловлено смыканием вертикального фронта кристаллизации с боковыми растущими кристаллами. При прохождении теплового центра слитка интенсивность вертикальной кристаллизации существенно снижается, и процесс завершается на уровне 150 мм (60 %) высоты тела слитка. При отливке модельного слитка с объёмом захлаживаемой прибыли 21,8 % (см. рисунок 1 в) пропорциональный участок равномерной кристаллизации возрастает до 110 мин., что объясняется снижением температурного градиента по высоте слитка за счёт более мощного охлаждающего воздействия прибыли-холодильника. Динамика дальнейшего процесса кристаллизации практически не отличается от предыдущего случая (см. рисунок 1 б). Изменение скорости вертикальной кристаллизации в зависимости от времени затвердевания и условий охлаждения приведено на рисунке 2.

Высокие значения вертикальной скорости в начальные моменты кристаллизации во всех рассматриваемых случаях практически идентичны и обусловлены значительным градиентом температур между расплавом и поддоном. Снижение теплоотвода за счёт нарастания затвердевшего слоя приводит к снижению температурного градиента и, как следствие, к резкому снижению скорости кристаллизации (для всех случаев). Дальнейшее возрастание скорости продвижения твердой фазы связано с формированием дендритного каркаса и затвердеванием слитка практически по всему объёму. Однако в случае с утепляющей прибылью этот процесс тормозится относительно медленным затвердеванием осевых и прилегающих к ним объёмов слитка за счёт воздействия прибыли, чем и объясняется небольшой рост, а затем снижение скорости кристаллизации. В случае применения захлаживающих прибыльных надставок наблюдается более интенсивный рост скорости затвердевания, однако, максимальное значение этой величины характерно для надставки с объёмом 11,6 %. Для объёма прибыли 21,8 и 14,2 % эти значения меньше, что можно объяснить снижением температурного градиента по высоте слитка, несмотря на интенсивные процессы кристаллизации за счёт срашивания объёмно ориентированных кристаллов. Результирующая скорость кристаллизации в слитках с захлаживающей прибыльной надставкой существенно выше, чем в слитке с утеплением головной части, в частности, для слитка с «выпуклым» поддоном и объёмом захлаженной прибыли 14,2 % в 1,5 раза.

## Выводы

При отливке модельных слитков с захолаживаемой прибылью в зависимости от её объёма пропорциональный участок вертикального затвердевания составляет от 20 до 45 % времени процесса, после чего интенсивность затвердевания многократно возрастает, что обусловлено сращиванием вертикального фронта затвердевания с дендритным каркасом различно ориентированных кристаллов и смещению процесса к объёмному типу. Слиток с максимальной степенью охлаждения (прибыль-холодильник) затвердевает со скоростью вертикальной кристаллизации в 1,5 раза большей по сравнению с обычным слитком с утепляющей прибылью, что обеспечивает благоприятные условия для уменьшения развития ликвационных процессов по высоте слитка.

## Список литературы:

1. Влияние геометрических параметров на процессы кристаллизации и образование дефектных зон в слитках с различной конфигурацией донной части / Н.А. Зюбан, Д.В. Руцкий, С.Б. Гаманюк, А.Н. Галкин, А.С. Воробьева, Д.Г. Шулешко // *Технология металлов*. — 2013. — № 4. — С. 26—33.
2. Жульев С.И., Зюбан Н.А. Производство и проблемы качества кузнечного слитка: Монография / ВолгГТУ. РПК «Политехник», 2003. — 168 с.
3. Затвердевание металлического расплава при внешних воздействиях / А.Н. Смирнов, [и др.]. Донецк: Издательство «ВИК», 2008. — 250 с.
4. П.м. 135551 РФ, МПК В22D7/08. Модель изложницы для исследования процесса кристаллизации слитков / Н.А. Зюбан, Д.В. Руцкий, А.Н. Галкин, С.Б. Гаманюк, Е.А. Косова, А.Я. Пузииков; ВолгГТУ. 2013.
5. Патент на полезную модель № 42454, РФ В 22 D 27/15 / Устройство для отливки слитков в вакууме с инокуляторами. / Жульев С.И., Зюбан Н.А. Опубл. 16.06.04 Бюл. № 34.
6. П.м. 110667 РФ, МПК В22D 7/08. Устройство для исследования процесса кристаллизации слитков в модели изложницы / Н.А. Зюбан, Д.В. Руцкий, С.Б. Гаманюк, С.Н. Никуйко, А.Н. Галкин; ВолгГТУ. 2011.
7. Effect of chilling of the top part of a steel ingot on the conditions of its crystallization and the quality of forgings obtained from it / Галкин А.Н., Зюбан Н.А., Руцкий Д.В., Гаманюк С.Б., Пузииков А.Я., Фирсенко В.В. // *Metallurgist*. — 2013. — Vol. 57, — № 3—4. — С. 199—206.
8. V.S. Dub, A.N. Romashkin, A.N. Mal'ginov, I.A. Ivanov, D.S. Tolstykh, : *Metallurgist*, — 2014, — Vol. 57, — pp. 987—995.
9. V.S. Dub, A.N. Romashkin I.A. Ivanov D.S. Tolstykh, and A.N. Mal'ginov : *Metallurgist*, — 2014, — Vol. 57, — pp. 1088—1094.

## **НЕПРЕРЫВНОЕ ЛИТЬЕ МЕТАЛЛОВ ПРИ ВИБРАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ**

***Алексеева Любовь Борисовна***

*доцент, канд. техн. наук, доцент кафедры машиностроения  
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [lbalek@rambler.ru](mailto:lbalek@rambler.ru)*

***Уваров Виктор Павлович***

*профессор, д-р техн. наук, профессор кафедры машиностроения  
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [uvrav@rambler.ru](mailto:uvrav@rambler.ru)*

***Гайфуллин Руслан Рамилевич***

*студент Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»,  
РФ, г. Санкт-Петербург*

## **CONTINUOUS CASTING OF METALS UNDER VIBRATION IMPACTS**

***Lubov Alekseeva***

*associate professor, Candidate of Technical Sciences,  
Associate professor of Machine Industry Chair,  
National Mineral Resources University (University of Mines),  
Russia, St. Petersburg*

***Viktor Uvarov***

*professor, Doctor of Technical Sciences, Professor of Machine Industry  
Chair, National Mineral Resources University (University of Mines),  
Russia, St. Petersburg*

***Ruslan Gayfullin***

*student, National Mineral Resources University (University of Mines),  
Russia, St. Petersburg*

## АННОТАЦИЯ

Рассматривается процесс непрерывного литья металлов. Отмечается, что у существующих процессов литья, несмотря на их общую технологическую эффективность, имеется ряд недостатков.

Приведены уравнения, позволяющие исследовать закономерности виброобработки слитка при различных законах колебаний кристаллизатора.

## ABSTRACT

The process of continuous metal casting is under study. It is noted that despite the common technological efficiency, the existing processes of metal casting have a number of shortcomings.

Equations that allow to explore patterns ingot vibro-processing under different casting mold oscillation laws are showed.

**Ключевые слова:** вибрации, модель, кристаллизатор, дифференциальные уравнения, процесс, слиток.

**Keywords:** vibration; model; casting mold; differential equations; process; ingot.

При решении многих задач вибрационной технологии и техники приходится сталкиваться со сложными явлениями. Объекты не только подвергаются деформациям, но могут совершать различные механические движения. Возникают сложные переплетения механических движений на одних этапах и деформации на других. Решения подобных задач может быть достигнуто одновременным использованием методов механики и реологии. При исследовании различных процессов вибрационной технологии приходится использовать сложную комбинацию всех реологических тел и инерционных элементов [1], [2].

Множество различных технологических процессов осуществляется с помощью вибрационных воздействий. Вибрации в большинстве случаев играют различную роль. Это затрудняет создание строгой квалификации выполняемых процессов. Можно выделить основные типы решаемых задач: перемещение материалов, заготовок, деталей, изделий; обработка упруговязких, пластических, дисперсионных сред; резание и разрушение материалов (вибрационное точение и сверление, абразивная обработка, дробление и измельчение, разрушение грунтов и горных пород [2].

Вибрационное перемещение служит не только транспортным целям, но и является основой многих технологических процессов [3].

Протекание вибрационных процессов зависит от режима колебаний рабочего органа соответствующей машины. На практике

применяются различные виды колебаний: гармонические, полигармонические, прямолинейные, пространственные. В общем случае формируются прямолинейные и крутильные колебания рабочих органов. Диапазоны частот начинаются с низкочастотных механических колебаний и распространяются до высокочастотных ультразвуковых. Причем, в одних случаях вибрации применяются для интенсификации существующих процессов, а в других случаях технологический процесс осуществляется только благодаря вибрациям.

При этом следует иметь в виду, что вибрации, возникающие в машинах, можно рассматривать с отрицательных позиций. Они могут ухудшать качество получаемых изделий, увеличивают динамические нагрузки в самой машине и в опорных конструкциях, увеличивают энергетические потери, отрицательно воздействуют на человека.

Литейно-прокатные агрегаты создают реальные перспективы перехода к поточному производству в металлургии и резкому повышению качества отливок и производимого из них проката, увеличению производительности труда.

Тщательный анализ имеющегося, хотя и разрозненного, опыта применения методов вибротехники в технологии непрерывного литья позволяет наметить пути решения данной проблемы и систематизированно изложить имеющиеся достижения в указанной области.

Можно наметить следующие основные аспекты применения вибротехнологии в литейно-прокатных агрегатах. При прохождении заготовки через кристаллизатор возникают довольно значительные сопротивления движению, обусловленные трением ее поверхности о стенки кристаллизатора. Вследствие этого в закристаллизовавшейся, но сравнительно тонкой части слитка, тяговым устройством создаются значительные напряжения, нередко являющиеся причиной разрыва корочки заготовки и выплескивания находящегося внутри жидкого металла. Значительные сопротивления движению определяют предел скорости литья, что ограничивает производительность и затрудняет согласование литейной машины с прокатным станом, вследствие чего возникают трудности реализации прогрессивной поточной технологии в металлургическом производстве. Таким образом, одной из задач, подлежащих решению, является повышение скорости литья, связанное со снижением сопротивлений движению слитка через кристаллизатор и действующих в нем напряжений.

Задача, которую может одновременно решить разработанный вибрационный кристаллизатор — это ускорение тепло- и массообменных процессов и выравнивание распределения температуры в слитке.

В отсутствии вибрационных воздействий в кристаллизирующемся металле, залитом в форму, у стенок вследствие переохлаждения образуются центры кристаллизации. На первом этапе рост кристаллов происходит в основном у поверхности в различных направлениях; со временем растущие из различных центров кристаллы смыкаются друг с другом. При этом у поверхности отливки образуется область мелких равноосных кристаллов. Затем начинается развитие кристаллов вглубь расплава, образование столбчатых вытянутых кристаллов. Кристаллы ориентированы в направлении теплоотвода и развивающиеся кристаллы входят в контакт друг с другом. Так возникает столбчатая структура слитка. Обычно он состоит из наружного слоя мелких равноосных кристаллов, области столбчатых кристаллов и центральной зоны равноосных кристаллов.

В отливках со столбчатой структурой центральная часть слитка обычно обогащена примесями, что ухудшает ее механические свойства. Область столбчатых кристаллов также характеризуется пониженной прочностью. С точки зрения повышения механических свойств металла желательна равноосная структура с зернами, имеющими равные размеры в разных направлениях и случайную ориентировку в пространстве.

Роль вибрационных (преимущественно ультразвуковых) воздействий на отливку должна заключаться в усилении тех факторов, которые способствуют получению мелкозернистой случайным образом ориентированной структуры металла. Обработки расплавов колебаниями в ультразвуковом диапазоне позволило выявить следующие изменения структуры слитка: уменьшение средней величины зерна, замена столбчатой структуры равноосным зерном, повышение однородности слитка, более равномерное распределение неметаллических включений.

На эффективность процесса ультразвуковой обработки большое влияние оказывают условия кристаллизации и природы металла. Установлено, что эффективность действия вибрационной обработки повышается в комплексе с другими видами обработки, например введением в расплав примесей, служащих центрами кристаллизации. При совместном действии перечисленных факторов заданный уровень измельчения структуры достигается при меньших интенсивностях излучателя.

Оказывается возможным разработать предварительную феноменологическую концепцию и реологические модели расплава, которые позволяют оценить уровень энергии, вводимой в расплав, и закономерности движения последнего при известных параметрах внешних вибрационных воздействий.

Следует отметить, что у существующих процессов литья, несмотря на их общую технологическую эффективность, имеется ряд недостатков, основным из которых следует считать ограниченную скорость литья (прохождения заготовки через кристаллизатор). Увеличение длины кристаллизатора не решает проблему, так как при этом увеличиваются сопротивления выхода из кристаллизатора. При больших усилиях протяжки возможны разрывы корочки слитка и выплескивание находящегося внутри его жидкости.

Для воспроизведения основных свойств металла, находящегося в сложном двухфазном состоянии, используется вязкоупругопластическая модель [2].

Все возможные движения и деформации модели в вибрирующем кристаллизаторе описываются нелинейной системой дифференциальных уравнений в системе координат  $xuz$ .

Ось  $u$  совпадает с направлением движения слитка, а оси  $x$  и  $z$  перпендикулярны. В дальнейшем ограничимся рассмотрением параметров модели по оси  $x$ , так как параметры по оси  $z$  качественно аналогичны.

Упругие свойства модели в направлении оси  $x$  моделируются упругими элементами с коэффициентом жесткости  $k_x$  и  $k'_x$ , вязкие — демпфером с коэффициентом вязкости  $c_x$ , пластические — клиновой парой сухого трения с коэффициентом  $k_{nx}$ ; масса корочки слитка моделируется инерционными элементами  $m_x$ . На стенки кристаллизатора действует ферростатическое давление  $F_\phi$  от находящегося в нем металла.

В направлении оси  $y$  модель характеризуется упругими свойствами  $k_y$  и  $k'_y$ , вязкими свойствами  $c_x$  и  $c'_x$ ; масса слитка, участвующая в колебаниях в направлении оси  $y$ , обозначена  $m_y$ . Вниз по оси  $y$  действует сила тяжести металла, находящегося в кристаллизаторе  $mg$ . Скорость протяжки —  $v$ .

В общем случае возможны следующие деформации и движения слитка: упруговязкие и пластические деформации, а также свободное движение в направлении оси  $x$ ; упруговязкие и пластические деформации, а также свободное или с сухим трением движение в направлении оси  $y$ .

Упруговязкие деформации слитка в направлении оси  $x$  описываются системой дифференциальных уравнений

$$\left. \begin{aligned} m_x \ddot{x}' + c_x \dot{x}' + (k'_x + k_x) x' &= -m_x \ddot{\bar{X}}' + F_\phi, \\ m_x \ddot{x}'' + c_x \dot{x}'' + (k'_x + k_x) x'' &= -m_x \ddot{\bar{X}}'' - F_\phi, \end{aligned} \right\}$$

где:  $\ddot{X}'$  и  $\ddot{X}''$  — ускорения колебаний стенок кристаллизатора;  
 $F_\phi$  — ферростатическое давление на стенки кристаллизатора.

Упруговязкие деформации слитка продолжают до того момента, пока не будет произведен предел текучести.

При выполнении условий

$$\left. \begin{aligned} k_x (x' + \bar{X}') + c_x (x' + \bar{X}') &\geq F_\Pi, \\ k_x (x'' + \bar{X}'') + c_x (x'' + \bar{X}'') &\geq F_\Pi \end{aligned} \right\}$$

упруговязкие деформации перейдут в пластические, описываемые уравнениями

$$\left. \begin{aligned} m_x \ddot{x}' + \bar{X}' + k_{\text{хп}} x' &= -m_x \ddot{\bar{X}}' + F_\phi, \\ m_x \ddot{x}'' + \bar{X}'' + k_{\text{хп}} x'' &= -m_x \ddot{\bar{X}}'' - F_\phi, \end{aligned} \right\}$$

где  $F_\Pi$  — усилие, соответствующее началу пластических деформаций.

При снятии нагрузки пластические деформации могут перейти к упруговязким. Приведенные уравнения позволяют исследовать закономерности виброобработки слитка при различных законах колебаний кристаллизатора.

### Список литературы:

1. Алексеева Л.Б. Использование вибрационных технологий при вытяжке изделий//Л.Б. Алексеева, В.В. Максаров, В.П. Уваров, Металлообработка, — 2013, — № 5—6, — с. 67—73.
2. Гончаревич И.Ф. Теория вибрационной техники и технологии// И.Ф. Гончаревич, К.В. Фролов. М.: Наука, 1971. — 320 с.
3. Патент на полезную модель № 77270 RU МПК СОЗВ 37/00. Устройство для получения стекловолокна// Алексеева Л.Б., Ильичев В.А., Максаров В.В., Полянский В.И. Опубл. 20.10.2008 Бюл. № 29.

## СЕКЦИЯ 6.

### ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ

#### ВЛИЯНИЕ ДИАМЕТРА НАСАДКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО МИНИЛИФТЕРА НА УДЕРЖИВАЮЩЕЕ УСИЛИЕ

*Дубовой Александр Юрьевич*

*студент 4 курса, кафедры машиностроительных технологий  
и оборудования, механико-технологический факультет,  
Юго-Западный государственный университет,  
РФ, г. Курск  
E-mail: [combine47@gmail.com](mailto:combine47@gmail.com)*

*Разумов Михаил Сергеевич*

*канд. техн. наук, доцент кафедры машиностроительных технологий  
и оборудования, механико-технологический факультет,  
Юго-Западный государственный университет,  
РФ, г. Курск*

*Гречухин Александр Николаевич*

*канд. техн. наук, преподаватель кафедры машиностроительных  
технологий и оборудования, механико-технологический факультет,  
Юго-Западный государственный университет,  
РФ, г. Курск*

*Кальченко Андрей Николаевич*

*преподаватель кафедры машиностроительных технологий  
и оборудования, механико-технологический факультет,  
Юго-Западный государственный университет,  
РФ, г. Курск*

# THE EFFECT OF ELECTROMAGNETIC MINILIFTER'S NOZZLE DIAMETER ON ITS HOLDING FORCE

*Alexander Dubovoy*

*4<sup>th</sup> grade student of mechanical-technical faculty, the division of engineering technologies and equipment, South-Western state university, Russia, Kursk*

*Mikhail Razumov*

*candidate of technical sciences, assistant professor of the division of engineering technologies and equipment, South-Western state university, Russia, Kursk*

*Alexander Grechuhin*

*candidate of technical sciences, teacher in the division of engineering technologies and equipment, South-Western state university, Russia, Kursk*

*Andrey Kalchenko*

*teacher in the division of engineering technologies and equipment, South-Western state university, Russia, Kursk*

## АННОТАЦИЯ

В данной статье приведено описание конструкции электромагнитного минифлифера, приведено описание установки и хода эксперимента по определению оптимальной с точки зрения притягивающего усилия насадки для предлагаемого электромагнитного минифлифера. Проанализированы результаты эксперимента, выявлен наиболее эффективный диапазон диаметров.

## ABSTRACT

This article contains the description of electromagnetic minilifter as well as the description for laboratory equipment used in the experiment that was carried out for determination of the most effective nozzle diameter based on its magnetic properties. The results of aforementioned experiment have been analyzed, the most effective range of diameters has been determined.

**Ключевые слова:** вмятина; кузовной ремонт; электромагнит.

**Keywords:** dent, body repair, electromagnet.

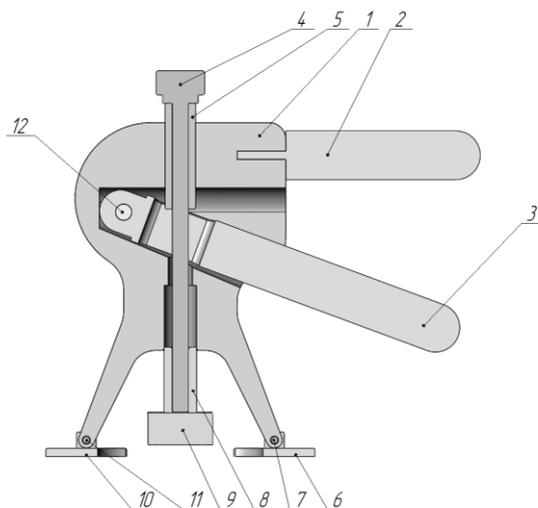
По данным федеральной службы государственной статистики Российской Федерации [10], а также по данным государственной инспекции безопасности дорожного движения [9], большинство дорожно-транспортных происшествий представляют собой легкие и средние происшествия [7]. Они приводят, в основном, к неглубоким вмятинам на кузове автомобиля [1], а также к незначительным, либо отсутствующим повреждениям лакокрасочного покрытия [6].

Традиционные методы удаления вмятин предполагают снятие детали с кузова автомобиля, а так же дальнейшее повреждение лакокрасочного покрытия [8]. Именно поэтому в последнее время на рынке ремонтных кузовных работ наблюдается бурный рост количества так называемых PDM технологий [3], то есть способов и методик устранения повреждений кузова автомобиля без последующей покраски.

Одним из таких методов является удаление вмятин с помощью комплекта из минифлипера и клеевой системы [4]. После разогрева термокля, имеющего свойство принимать жидкую форму при повышении температуры, в специальном термопистолете, его наносят на пластиковый адаптер. Он закрепляется на корпусе автомобиля. После окончательного затвердевания термокля к адаптеру прикрепляют минифлипер, с помощью которого производят ремонт поврежденного участка.

Недостатки данного способа в основном связаны с применением в его составе термокля. Он накладывает необходимость во временных затратах на его разогрев и последующее затвердевание, а для удаления термокля с поверхности кузова используется растворитель, который способен нарушить и без того нестабильное после первоначального повреждения лакокрасочное покрытие.

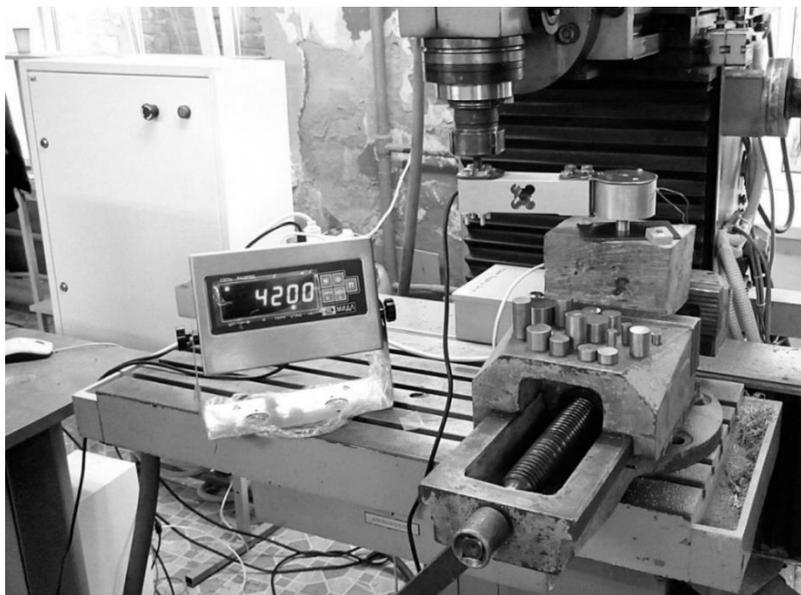
В последнее время всё большую популярность завоевывают методы беспокрасочного удаления вмятин с использованием электромагнитов [5]. Их применение позволяет избежать повреждений лакокрасочного покрытия, так как магнит воздействует непосредственно на металл, оставляя лакокрасочное покрытие практически нетронутым. Позволяя устранить необходимость в использовании агрессивных растворителей, а так же ускорить процесс ремонта как результат мгновенного прихвата к обрабатываемой поверхности, магнитный минифлипер значительно повышает целесообразность коммерческого применения электромагнитных средств и методов рихтовки.



**Рисунок 1. Внутреннее устройство минифлифера: 1 — корпус, 2 — неподвижная рукоять, 3 — подвижная рукоять, 4 — регулировочная штанга, 5 — регулировочная муфта, 6,10 — опорные площадки, 7,11 — крепежные винты, 8 — удерживающий механизм, 9 — магнит, 12 — резьбовой штифт**

Инструмент устанавливается опорными площадками 6,10 на поверхность обрабатываемой кузовной детали. С помощью регулировочной штанги 4 магнит 9 подводится к рабочему участку и закрепляется на поверхности детали. Затем, движениями подвижной рукояти 3 производят выпрямление заданного участка металла.

С целью выявить эмпирические зависимости и предоставить предложенному устройству необходимую теоретическую и экспериментальную основу. В частности, определялись оптимальные параметры адаптеров, используемых для передачи электромагнитного усилия от источника к ремонтируемой детали. Адаптеры применяются для повышения мобильности и удобства предлагаемого устройства, а также для адаптации устройства к требованиям, предъявляемым каждой конкретной кузовной деталию.



*Рисунок 2. Экспериментальная установка и набор адаптеров*

Эксперименты проводились на установке, состоящей из фрезерного станка, тензодатчика, тензовесов и тисков.

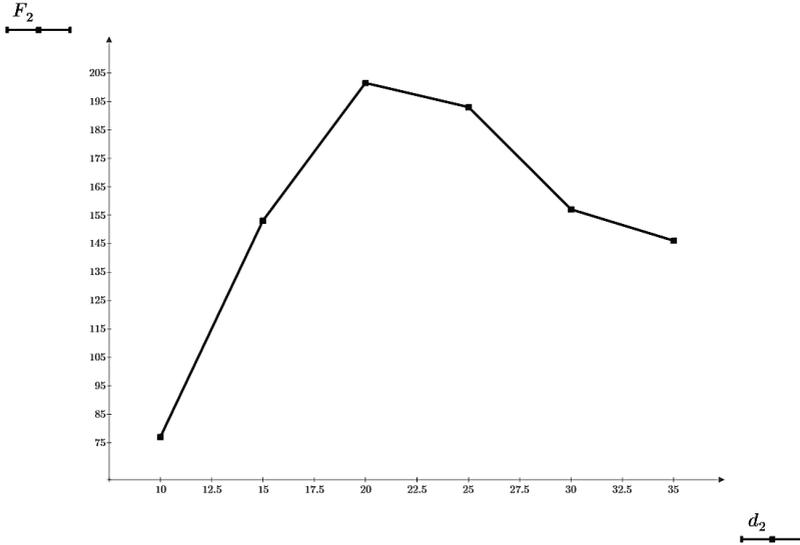
Тензодатчик балочного типа, соединенный с тензостанцией, закрепляется с помощью цанговой оправки в шпинделе станка. На корпусе тензодатчика устанавливается электромагнит, а исследуемый образец устанавливается в тисках, закрепленных на столе станка. Данная установка способна регистрировать перемещение стола с точностью до 1 микронметра и определять изменение усилия на тензодатчике с точностью до 1 грамма, что соответствует необходимости производить высокоточные измерения.

В качестве цели для данной серии экспериментов было выбрано получение представления о зависимости, связывающих диаметр адаптер и передаваемое им электромагнитное усилие. Для облегчения расчетов и получения более точных данных длина адаптеров была принята равной 20 миллиметрам при диаметре, изменяющемся от 10 до 35 миллиметров. Построенный по результатам эксперимента график (рис. 3) позволяет определить, что с увеличением диаметра адаптера до 25 миллиметров сила зацепления увеличивается.

*Таблица 1.*

**Данные эксперимента**

d, мм	10	15	20	25	30	35
F, кг	77	153	201,5	193	157	146



*Рисунок 3. График зависимости усилия от диаметра*

Однако при последующем увеличении диаметра наблюдается снижение силы зацепления электромагнита, что позволяет определить наиболее эффективный с точки зрения передачи усилия диаметр адаптера в диапазоне 20...25 миллиметров.

### **Список литературы:**

1. Быковская Н.Е. Сидорова М.А. Разумов М.С. Анализ технических устройств и средств обеспечения безопасности движения / Современные инновации в науке и технике: сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции (17 апреля 2014 года) // редкол.: Горохов А.А. (отв. Ред.); В 4-х томах, Том1., Юго-Зап. Гос. ун-т., Курск, 2014. — с. 177—180

2. Гречухин А.Н., Кальченко А.Н., Разумов М.С., Дубовой А.Ю. Магнитный минифлифер для устранения автомобильных вмятин // Интеграция науки и практики как условие экономического роста IX Международная научно-практическая конференция: сборник научных трудов. Ульяновский государственный технический университет. 2014. — С. 6—8.
3. Гнатов А.В. Анализ существующих методов рихтовки автомобильных кузовов — Херсонский государственный морской институт, 2012 г.
4. Дубовой А.Ю., Кальченко А.Н., Разумов М.С., Гречухин А.Н. Магнитный обратный молоток для устранения вмятин на автомобильных кузовах // Юность и знания — гарантия успеха Сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор Разумов М.С. Курск, 2014. — С. 131—134.
5. Кальченко А.Н., Дубовой А.Ю., Гречухин А.Н., Разумов М.С. Анализ существующих методов восстановления повреждений кузовов автомобилей// Перспективное развитие науки, техники и технологий сборник научных статей материалы IV Международной научно-практической конференции. Председатель организационного комитета Горохов А.А. (ответственный редактор); 2014. — С. 151—154.
6. Разумов М.С., Ступишин Л.Ю., Быковская Н.Е. Влияние динамики изменения габаритов автомобилей на безопасность дорожного движения // «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки»: материалы VIII студенческой международной заочной научно-практической конференции. (07 февраля 2013 г.) Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013., — С. 107—113.
7. Разумов М.С., Быковская Н.Е. Влияние динамики изменения габаритов автомобилей на пропускную способность транспортных потоков // Будущее науки — 2013: материалы Международной молодежной научной конференции, Юго-Зап. гос. ун-т. Курск, 2013. — С. 91—93.
8. Синельников А.Ф. Кузова легковых автомобилей: обслуживание и ремонт — Транспорт, 1995 г.
9. Статистика ГИБДД РФ — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.gibdd.ru/stat/>.
10. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.gks.ru/free\\_doc/new\\_site/population/pravo/10-01.htm](http://www.gks.ru/free_doc/new_site/population/pravo/10-01.htm).
11. Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/transport/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/transport/).

## **СЕКЦИЯ 7.**

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

#### **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

***Кравцова Марианна Викторовна***

*доцент Тольяттинского государственного университета,  
РФ, г.о. Тольятти*

*E-mail: [M.V.Kravtsova@yandex.ru](mailto:M.V.Kravtsova@yandex.ru)*

***Писклова Ольга Павловна***

*магистрант Тольяттинского государственного университета,  
РФ, г.о. Тольятти*

*E-mail: [lelay\\_2008@mail.ru](mailto:lelay_2008@mail.ru)*

***Белова Ирина Викторовна***

*магистрант Тольяттинского государственного университета,  
РФ, г.о. Тольятти*

*E-mail: [55i10@mail.ru](mailto:55i10@mail.ru)*

# ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL RISKS DURING CONSTRUCTION EXTERIOR LIGHTING

*Kravtsova Marianna*

*candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor  
at the Environmental Protection Engineering Department,  
Russia, Togliatti*

*Pisklova Olga*

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

*Belova Irina*

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

## АННОТАЦИЯ

Проведен сравнительный анализ характеристик биопрепаратов, используемых на предприятиях пищевой промышленности для расщепления жиров. Представлено экспериментальное апробирование биопрепарата.

## ABSTRACT

A comparative analysis of the characteristics of biological products used in the food industry for the digestion of fats. Experimental testing of Biologicals.

**Ключевые слова:** сточные воды; пищевая промышленность; биопрепарат.

**Keywords:** waste water; food processing; biological product.

Биопрепараты – это многокомпонентные продукты, основу которых составляют микроорганизмы (бактерии) и вспомогательные вещества (ферменты, питательные вещества, отдушки, ПАВ и т. д.). Как правило, в одном биопреparate находятся от 4 до 24 различных видов (штаммов) бактерий. Селективность в питании каждого штамма позволяет устранять только определенный вид загрязнений и простая комбинация этих штаммов (а в банке данных "Novozymes Biologicals" их более 250 000) позволяет получать биопрепараты с заданными, порой абсолютно уникальными свойствами. Так на сегодняшний день известны бактерии питающиеся стиrolами, диоксидами, гербицидами, силикатами и т. д. Бактерии часто еще называют «Фабрикой энзимов».

Действия биодеструктора: комплексно очищает сточную воду по показателям БПК<sub>5</sub>, БПК<sub>(полн.)</sub>, ХПК, взвешенные вещества, жиры, азот, фосфор, с эффективностью от 80—97 %; уменьшаются и локализуются неприятные запахи; на рабочих поверхностях труб канализации образуется устойчивая живая бактериальная биопленка, разлагающая существующие жировые наросты и предотвращающая новые жировые засоры и обрастания труб [1]. В результате действия препарата в жируловителе происходит гидролиз растворенных в воде и твердых жиров. Конечным продуктом переработки жира является легкий минерализованный флотирующий осадок, состоящий из отдельных мельчайших частиц, не образующий твердой корки при любом сроке хранения, не застывающий при отрицательных температурах, не подвергающийся действию гнилостной микрофлоры, легко переносимый потоком воды, не представляющий опасности для активного ила очистных сооружений [2].

Проанализировав характеристики и преимущества биопрепаратов (таблица 1), можно сделать вывод, что наиболее эффективным биопрепаратом для предприятий пищевой промышленности является «Микрозим (tm)<<ГРИЗ ТРИТ>>», у него есть достоинство, в том, что при понижении нижнего предела температуры, в отличие от других препаратов бактерии не погибают, а образуют споры и переходят в состояние анабиоза, а при повышении температуры вновь возобновляют работу [2].

Для определения эффективности биопрепарата, используемого для разложения жира в сточных водах пищевой промышленности использован метод на основе определения химического потребления кислорода (ГОСТ Р 52708-2007). Сущность метода заключается в обработке пробы воды серной кислотой и бихроматом калия при заданной температуре в присутствии сульфата серебра — катализатора окисления и сульфата ртути (II), используемого для снижения влияния хлоридов, и определении значений ХПК в заданном диапазоне концентраций путем измерения оптической плотности исследуемого раствора при заданном значении длины волны с использованием градуировочной зависимости оптической плотности раствора от значения ХПК. Исходя из ряда построенных градуировок, определяем произошло увеличение или уменьшение бихромата калия (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) в составе исследуемого раствора, основываясь на это делаем вывод — произошло ли уменьшение жира в сточной воде [3].

Таблица 1.

Сравнительные характеристики биопрепаратов

Название биопрепарата	Описание	Характеристики	Преимущества
<p><b>Vacti - Bio 9500 (Бакти Био 9500)</b></p>	<p>Vacti-Bio 9500 — порошкообразный концентрат, разработанный для разложения широкого спектра субстратов. Многочисленные микробные штаммы Vacti-Bio 9500 некультивированные и непатогенные. Отобранные штаммы — активные продуценты ферментов: амилазы (разложение крахмала), протеазы (разложение белков), целлюлазы (разложение целлюлозы), кератиназы (разложение кератина), липазы (разложение масел и жиров) и т. д.</p>	<p>Vacti-Bio 9500 — порошок, белого цвета. Диапазон pH от 6.0 до 9.0 с оптимумом 7.5. Наиболее эффективный диапазон температуры — от 25оС. до 55оС (77оF — 131оF) с оптимальной температурой около 30оС</p>	<p>Быстрое и глубокое воздействие, благодаря совместному действию бактерий, ферментов и биогенов.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Полное удаление жиров и других органических отложений из канализационных сетей и очистных сооружений. Быстрый запуск очистных сооружений.</li> <li>• Позволяет системам очистки работать лучше и дольше без обслуживания;</li> <li>• Устраняет неприятные запахи;</li> <li>• Длительное самостоятельное существование в системах очистки.</li> </ul>

<p><b><i>BioRemove 5100 (Bichem DC 1008 CB)</i></b></p>	<p>BioRemove 5100 представляет собой смесь специально подобранных микроорганизмов, которые используются для очистки промышленных сточных вод с широким спектром загрязнений. BioRemove 5100 используется в промышленных сточных водах для снижения значений ХПК и обеспечения стабильности работы очистных сооружений</p>	<p>BioRemove 5100 вносится ежедневно непосредственно на вход в аэротенк. Уровень pH фактора 6.0-9.0 , оптимальный близок к 7.0. Температура сточных вод оказывает влияние на активность микроорганизмов, с удвоением роста для каждые 10 °С, верхний предел 40 °С</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Повышение стабильности работы канализационных и очистных систем, снижение риска засоров, уменьшение запахов;</li> <li>• Уменьшение общего количества органики в стоках;</li> <li>• Целевое удаление специфической органики;</li> <li>• Быстрое устранение последствий аварийных сбросов;</li> <li>• Уменьшение зависимости качества стоков от изменений объемов производства и ассортимента выпускаемой продукции;</li> <li>• Снижение сумм муниципальных платежей и штрафов;</li> <li>• Быстрый запуск работы очистных сооружений при вводе в строй новых предприятий, после сезонных или ремонтно-профилактических остановок.</li> </ul>
---	---	---	---

<b><i>Bichem GTX</i></b>	порошкообразная смесь на основе нескольких штаммов микроорганизмов, специально отобранных за их способность к разложению животного, растительного или минерального жира и масел	Насыпная плотность 0.7—0.8 г/мл Влажность приблизительно 15 % диапазон pH 6.0—8,5 (предпочтительный 7—7.5) диапазон температур 15—45 °C Срок годности 2 года	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Быстрое и глубокое воздействие обеспечивается синергетическому действию энзимов, бактерий и вспомогательных веществ;</li> <li>• Нормализует работу жироловки, не дает жиру накапливаться.</li> <li>• Пробивает засоры, образование эмульгированными жирами и моющими средствами, маслами и волокнами;</li> <li>• Незаменим для гигиены ресторанов.</li> </ul>
<b><i>GREASE GUARD EU. Гриз Гард</i></b>	БиоС 3112 — это новый запатентованный штамм Bacillus, придающий препарату Гриз Гард EU способность разлагать наиболее трудноудаляемую часть молекул жира — жирные кислоты с длинной углеводородной цепочкой	Регулярная обработка: суточная доза препарата вводится по коммуникациям, расположенным до жируловителя; Посев: 1,5 л/м3 объема жируловителя Концентрация микроорганизмов 1,5.108 КОЕ/мл Виды микроорганизмов Споры различных бацилл Сальмонеллы Нет	Препарат снижает количество накапливающегося жира, поддерживает хорошую проходимость коммуникаций. Содержит новый запатентованный штамм Bacillus БиоС 3112, придающий препарату способность разлагать наиболее трудноудаляемую часть молекул жира — жирные кислоты с длинной углеводородной цепочкой, которые, постоянно присутствуют в таких средах, вызывая большинство проблем, связанных с обслуживанием и обработкой. Неагрессивен по отношению к оборудованию и экологически безопасен. BI-CHEM GREASE GUARD EU используется в общественных учреждениях (столовых, ресторанах, кафе, больницах, школах и т. д.) для восстановления работы и обслуживания жируловителей и коммуникационных сетей.

<p><i>Микрозим(tm) &lt;&lt; ГРИЗ ТРИТ &gt;&gt;</i></p>	<p>Биопрепарат Микрозим(tm) "ГРИЗ ТРИТ" представляет собой биологический деструктор (биологический жиरोуловитель) пищевых жиров и растительных масел. Биопрепарат содержит консорциум (12) штаммов нетоксичных натуральных селективно улучшенных факультативных анаэробных микроорганизмов, которые благодаря высокой секретивной и ферментативной активности обеспечивают эффективный гидролиз органорастворенных жиров и твердой жировой массы с последующим разложением простых продуктов путем адсорбции до углекислоты. Свойства биопрепарата ГРИЗ ТРИТ позволяют очищать сток от органорастворенных жиров перед сбросом на очистные сооружения, утилизировать твердый жир в жиरोуловителе, прочищать жировые засоры канализации.</p>	<p>Диапазон рабочих температур в пределах +5 до +55 градусов Цельсия. Оптимальная рабочая температура воды, при которой происходит наиболее активная биодеструкция жира +15/+45 градусов Цельсия. При температуре +2 градуса Цельсия бактерии формируют споры и переходят в состояние анабиоза. При повышении температуры свыше +5 градусов Цельсия бактерии возобновляют активность;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Рабочий pH 4-10;</li> <li>• Препарат примерно одинаково эффективно разлагает жир как в аэробных (режим аэротэнков), так и в анаэробных условиях (режим жиरोуловителей, отстойников, содержание кислорода 0 мгО/литр).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Масса твердого жира уменьшается в жиरोуловителе на 60—80 % в зависимости от благоприятных условий: температуры, времени экспозиции, благодаря чему реже приходится прибегать к откачке и вывозу жировой массы.</li> <li>• Биопрепарат комплексно очищает сточную воду по показателям БПК_5, БПК_полн, ХПК, взвешенные вещества, жиры, азот, фосфор, ОКБ, ТКБ с эффективностью от 80 %—97 % в сроки от 2 (с аэрацией) до 7 суток (без аэрации). Однако необходимо учитывать, что при разложении больших объемов твердого жира, возможен временный рост показателя ХПК.</li> <li>• Уменьшаются и локализуются неприятные запахи из жироуловителя за счет полного микробиологического усвоения всех продуктов биодеструкции жира и бактериального подавления жизнедеятельности гнилостной микрофлоры.</li> <li>• На рабочих поверхностях труб канализации образуется устойчивая живая бактериальная био-пленка разлагающая существующие жировые наросты и предотвращающая новые жировые засоры и обрастание труб.</li> <li>• Снижается нагрузка на насосы, предотвращаются засоры канализации, упрощается откачка статических подземных жиरोуловителей, полезный объем жироуловителей с годами не сокращается.</li> </ul>
--	--	---	---

В начале анализа произведён отбор проб сточных вод пищевой промышленности (имеющие в своем составе различные жиры, в том числе пальмовое масло). Далее подготавливаются необходимые для проведения эксперимента растворы:

1. Раствор сульфата серебра в серной кислоте: растворяем в стеклянной емкости 1,6247 г. сульфата серебра в 125 см<sup>3</sup> концентрированной серной кислоты. Раствор перемешиваем и оставляем в защищенном от света месте на 12 часов при комнатной температуре. Затем раствор вновь интенсивно перемешиваем до полного растворения сульфата серебра;

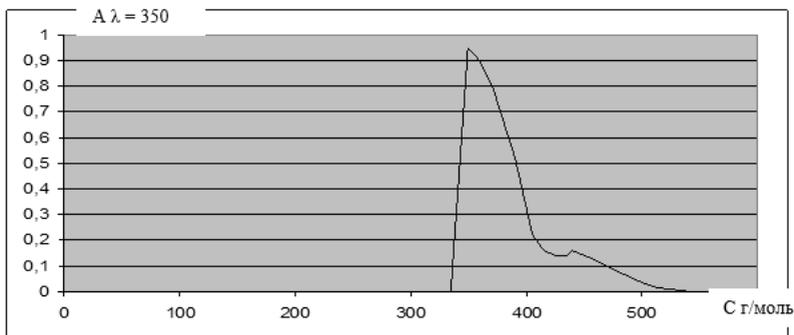
2. Раствор сульфата ртути: на 100 см<sup>3</sup> воды растворяем 18,5 грамм красной ртути;

3. Раствор бихромата калия: в 500 см<sup>3</sup> дистиллированной воды растворяем 4,9 грамма бихромата калия, далее добавляем ещё 500 см<sup>3</sup> воды.

Реагент для заполнения реакционных сосудов: перед началом работы в реакционный сосуд пипеткой вносим 0,5 см<sup>3</sup> раствора бихромата калия, осторожно добавляем 2,5 см<sup>3</sup> раствора сульфата серебра, затем 0,2 см<sup>3</sup> раствора сульфата ртути (II). Осторожно вращательными движениями перемешиваем.

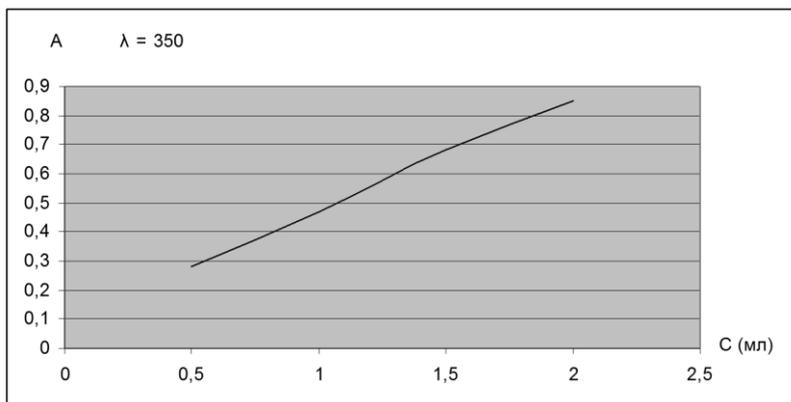
Приготовление градуировочных растворов: в мерную колбу вместимостью 50 см<sup>3</sup> мерной пипеткой вносим 5 см<sup>3</sup> бихромата калия и доводим объем до метки дистиллированной водой.

Проводим градуировку анализатора, при помощи спектрофотометра, в качестве нулевой пробы используем дистиллированную воду. В мерные колбы вместимостью 25 см<sup>3</sup> мерными пипетками вносим 0,5; 1; 1,5; 2 см<sup>3</sup> основного раствора и доводим объём до метки дистиллированной водой, значение ХПК приготовленных растворов составляет соответственно 20; 40; 60; 80 мгО/дм<sup>3</sup>. Для анализа берем 2 кюветы объемом 1 см<sup>3</sup>, в одну вносим дистиллированную воду (раствор сравнения), в другую поочередно раствор бихромата калия разной концентрации [3]. Далее определяем оптимальную длину волны для эксперимента (точку в которой будет наибольшая оптическая плотность раствора). Градуировка раствора представлена графиком на рисунке 1.



**Рисунок 1. Градуировка раствора  $K_2Cr_2O_7$**

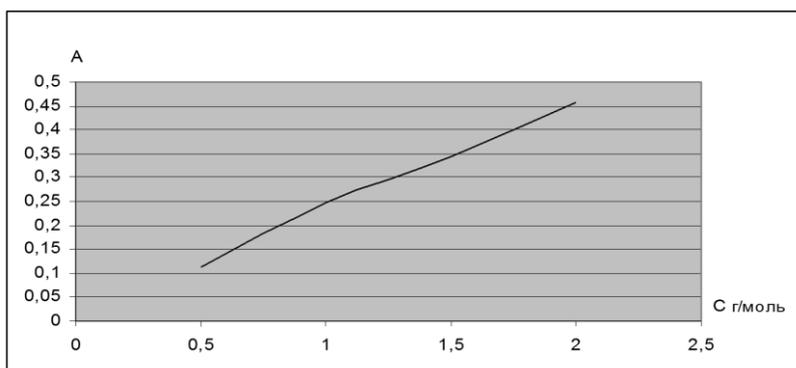
Из графика, представленного на рисунке 1, видно, что наибольшая оптическая плотность раствора бихромата калия достигается при длине волны  $\lambda = 350$  нм. Исходя из этих данных строим градуировку для  $K_2Cr_2O_7$  при рабочей длине волны 350 нм (рисунок 2). Для растворов с концентрацией бихромата калия 0,5; 1; 1,5; 2 мл, получаем оптическую плотность 0,28; 0,47; 0,68; 0,85 соответственно.



**Рисунок 2. Градуировка раствора  $K_2Cr_2O_7$  при длине волны  $\lambda = 350$**

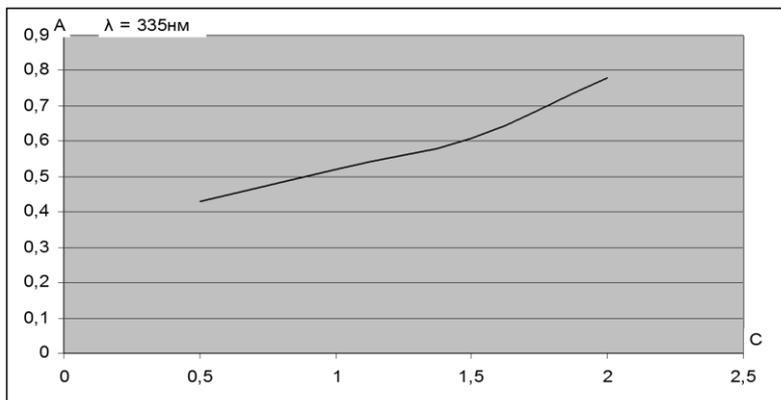
Берём пробу воды с предприятия пищевой промышленности. Проводим анализ трех аликвотных проб. Объём отбираемой аликвотной порции пробы воды —  $2\text{ см}^3$ . В мерные колбы, объёмом  $25\text{ см}^3$  вносим  $2\text{ см}^3$  воды, добавляем  $2,5\text{ см}^3$  сульфата серебра,  $0,2\text{ см}^3$

сульфата ртути, осторожно перемешиваем, доводим до метки бихроматом калия. Таким образом, создается 4 пробы, далее в соответствии с методикой плотно закрываем реакционные сосуды и нагреваем на песчаной бане до 150 °С, в течение 2 часов. Осторожно вынимаем сосуды и охлаждаем при комнатной температуре до температуры не выше 60 °С. Перемешиваем содержимое и охлаждаем до комнатной температуры [3]. Строим градуировку (рисунок 3) при помощи спектрофотометра, аналогично как с  $K_2Cr_2O_7$ . Необходимость построение нового графика обуславливается тем, что оптимальная длина волны у данного раствора оказалась иной, чем у бихромата калия в предыдущей градуировке, в данном случае  $\lambda_{\text{опт.}} = 335 \text{ нм}$ .



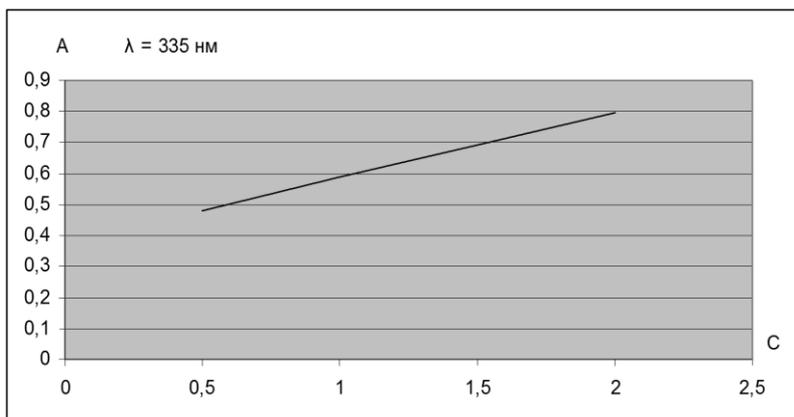
**Рисунок 3. Градуировка сточной воды с содержанием жира**

В каждый раствор вносим одинаковое количество биопрепарата и оставляем на разное время (2, 3, 4, 5 суток), по истечении каждого отрезка времени строим градуировку к раствору. К раствору № 1 добавляем 0,0994 грамма биопрепарата, к раствору № 2 0,1042 грамма, к раствору № 3 0,1038 грамма, к раствору № 4 0,1007 грамма. Спустя двое суток анализируем пробу № 1: определяем оптимальную длину волны (в данном случае, как и в первоначальном растворе  $\lambda = 335 \text{ нм}$ ). Строим градуировку (рисунок 4), по данным: концентрация раствора — 0,5; 1; 1,5; 2 мл основного раствора доведённого в 25 см<sup>3</sup> колбе до метки дистиллированной водой; оптическая плотность в соответствии с измерениями, проведёнными на спектрофотометре A= 0,431; 0,520; 0,610; 0,780 соответственно.



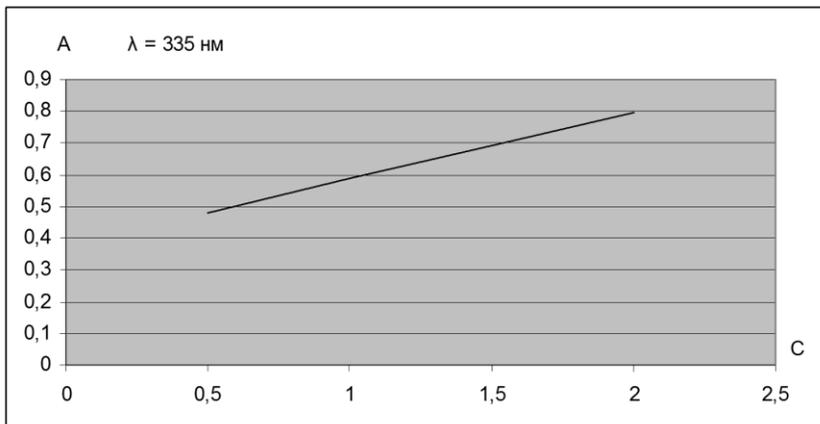
**Рисунок 4. Градуировка пробы № 1 после использования биопрепарата**

Аналогично спустя трое суток анализируем пробу № 2: концентрация раствора — 0,5; 1; 1,5; 2 мл; A = 0,445; 0,568; 0,710; 0,820 соответственно. Строим градуировку по заданным параметрам (рисунок 5).



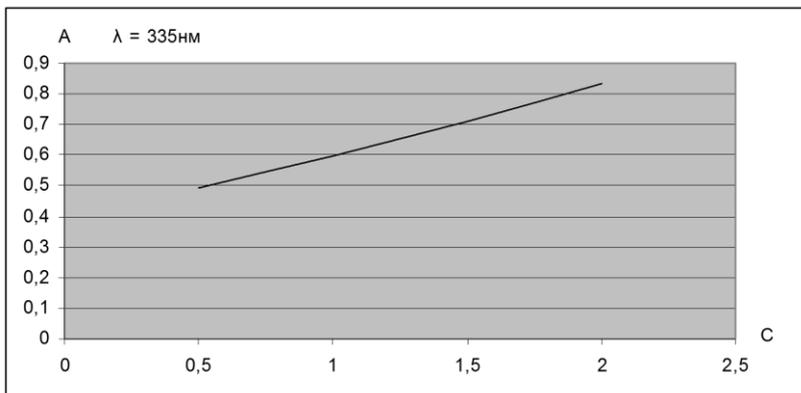
**Рисунок 5 Градуировка пробы № 2 после использования биопрепарата**

Анализ пробы №3 через четверо суток: концентрация раствора — 0,5, 1, 1,5, 2 мл;  $A = 0,481; 0,589; 0,694; 0,798$  соответственно. Строим градуировку по заданным параметрам (рисунок 6).



**Рисунок 6. Градуировка пробы № 3 после использования биопрепарата**

Анализ пробы №4 через пять суток: концентрация раствора — 0,5, 1, 1,5, 2 мл;  $A = 0,495; 0,598; 0,712; 0,834$  соответственно. Строим градуировку по заданным параметрам (рисунок 7).



**Рисунок 7. Градуировка пробы № 4 после использования биопрепарата**

Далее анализируем количество жира расщепленного при помощи использования биопрепарата. Анализ основан на сравнении количества бихромата калия в стоке до добавления биопрепарата и после (соотношение будет выражено в процентах). Так как из градуировки раствора  $K_2Cr_2O_7$  при длине волны  $\lambda = 350$ , видно, что при концентрации бихромата калия  $2 \text{ см}^3$  оптическая плотность раствора равна 0,85, то примем эту величину за оптимальную [3]. В растворы со сточной водой добавлен бихромат калия в объёме  $2 \text{ см}^3$ , следовательно, ищем среднюю величину оптической плотности на каждый из четырех растворов и рассматриваем её в соотношении с плотностью равной 0,85. Процентное соотношение расщепленного жира находим по формуле: (Средняя величина оптической плотности раствора/0,85) \* 100 %.

*Раствор № 1:*  $0,431 + 0,520 + 0,610 + 0,780 = 2,341$ ;  $2,341/4 = 0,58525$ ;  $(0,58525/0,85) * 100 \% = 70 \%$ , следовательно, делаем вывод, что по истечении 2 суток биопрепарат расщепил 69 % жира, имеющегося в сточной воде.

*Раствор № 2:*  $0,445 + 0,568 + 0,710 + 0,820 = 2,543$ ;  $2,543/4 = 0,6357$ ;  $(0,6357/0,85) * 100 \% = 74 \%$ , следовательно, по истечении 3 суток биопрепарат расщепил 74 % жира, имеющегося в сточной воде.

*Раствор № 3:*  $0,481 + 0,589 + 0,694 + 0,798 = 2,562$ ;  $2,562/4 = 0,6405$ ;  $(0,6405/0,85) * 100 \% = 76 \%$  следовательно, по истечении 4 суток биопрепарат расщепил 76 % жира, имеющегося в сточной воде.

*Раствор № 4:*  $0,495 + 0,598 + 0,712 + 0,834 = 2,639$ ;  $2,639/4 = 0,6597$ ;  $(0,6597/0,85) * 100 \% = 78 \%$ , по истечении 5 суток биопрепарат расщепил 78 % жира, имеющегося в сточной воде.

Из выше представленных расчетов видно, что самая высокая эффективность препарата показана через двое суток, далее, с увеличением времени тенденция расщепления увеличивается практически равномерно, но не на много [3]. Следовательно, оптимальное время для прогрессивного действия биопрепарата составляет двое суток. В работе приведены сравнительные характеристики биопрепаратов используемых в пищевой промышленности для расщепления жиров, на этой основе. Проведено экспериментальное апробирование биопрепарата в лабораторных условиях, выбрана оптимальная методика определения эффективности биопрепарата, произведены соответствующие расчеты.

### **Список литературы:**

1. Васильев А.В., Васильева Л.А. К вопросу о системном обеспечении экологической безопасности в условиях современного города. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2003. — Т. 5. — № 2. — С. 363—368.
2. Кравцова М.В., Болотина-Шульдайс Л.А, Рачков С.А. Очистка сточных вод в пищевой промышленности / ELPIT 2013: сборник трудов IV международного экологического конгресса «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» Тольятти, 2013 г. — С. 170—173.
3. Кравцова М.В., Болотина-Шульдайс Л.А. Использование биодеструктора для утилизации и обезвреживание жира при очистке сточных вод пищевой промышленности / Проблемы экологии городского округа Тольятти и пути их решения: сборник докладов шестой научно-практической конференции Самара, 2012 г. — С. 39—45.

## **АНАЛИЗ ТРАНСФОРМАЦИИ АЗОТОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ В КОМПОНЕНТАХ БИОСФЕРЫ**

*Серёгина Дарья Сергеевна*

*студент*

*Национального Исследовательского Университета «МЭИ»,*

*РФ, г. Москва*

*E-mail: [impossible\\_d@mail.ru](mailto:impossible_d@mail.ru)*

*Коваленко Людмила Андреевна*

*д-р биол. наук, профессор*

*Национального Исследовательского Университета «МЭИ»,*

*РФ, г. Москва*

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

# ANALYSIS OF THE TRANSFORMATION OF NITROGEN CONTAINING COMPOUNDS IN THE COMPONENTS OF THE BIOSPHERE

*Darya Seregina*

*student of National Research University  
“Moscow Power Engineering Institute”,  
Russia, Moscow*

*Ludmila Kovalenko*

*doctor of Biological Sciences, Professor of National Research University  
“Moscow Power Engineering Institute”,  
Russia, Moscow*

## АННОТАЦИЯ

Проведена оценка качества почв и водоисточников Измайловского парка г. Москвы посредством методики анализа нитратредуцирующей активности данных экосистем, определена степень воздействия электромагнитных полей на почву. Впервые проведена апробация метода определения ферментативной активности почвенного покрова потенциометрическим методом. Была изучена биологическая активность почвы на разном расстоянии от источника электромагнитного воздействия. На основании полученных данных были выявлены зависимости почвенных и водных характеристик от степени воздействия на экосистемы антропогенного фактора.

## ABSTRACT

The quality assessment of soil and water sources in Izmaylovskiy Park in Moscow through techniques analysis of nitrate-reducing activity of these ecosystems is made; the impact of electromagnetic fields on the ground is determined. For the first time approbation test method of fermentation activity of soil continuum is carried out by potentiometer method. Biological activity of the soil at different distances from the source of electromagnetic exposure is studied. Based on the received data dependences of soil and water characteristics on the impact on the ecosystem of the anthropogenic factor are identified.

**Ключевые слова:** почва; водоисточник; ферментативная активность; нитратредуктаза; электромагнитное воздействие.

**Keywords:** ground; water source; fermentation activity; nitrate reductase; electromagnetic action.

В настоящее время актуальна проблема загрязнения основных компонентов экосистем — природных водоёмов и почв. В результате деятельности человека в них поступает большое количество загрязняющих веществ, таких как соединения меди, свинца, железа, фосфора, азота и других. Регулирующим фактором служит способность экосистем к самоочищению от различных загрязнений, которая определяется по уровню активности ферментов. Ферменты присутствуют во всех живых клетках и способствуют превращению одних веществ (субстратов) в другие (продукты). В почвенные и водные экосистемы ферменты поступают в результате жизнедеятельности биоты, функционирующей в них.

Целью работы была апробация метода определения ферментативной активности почвенного покрова потенциометрическим методом, посредством которого проведен анализ трансформации азотсодержащих соединений в почвенных и водных экосистемах; определение их состояния при различном уровне электромагнитного воздействия на основании исследований нитратредуцирующей активности в пробах воды и почвы.

Азот — незаменимый биогенный элемент, так как он входит в состав белков и нуклеиновых кислот. Круговорот азота один из самых сложных, поскольку включает как газовую, так и минеральную фазу, и, одновременно, самых идеальных круговоротов. Переводить атмосферный азот в доступную для организмов форму (нитриты и нитраты) способны лишь некоторые бактерии. Этот процесс называется азотфиксацией и представляет собой основной путь поступления азота в биотический компонент экосистемы. Неферментативная азотфиксация требует гораздо больше энергии, получаемой в атмосфере в результате действия ионизирующих факторов, например молний и космического излучения. В некотором смысле процессом, обратным нитрификации, является денитрификация, также осуществляемая бактериями, которые в результате понижают плодородие почвы. Денитрификация происходит в анаэробных условиях, когда нитраты используются при дыхании вместо кислорода в качестве окислителя органических соединений.

В качестве объекта для проведения исследований был выбран природно-исторический парк «Измайлово» г. Москвы. Отбор проб воды производился из Красного и Лебедянского пруда и истока реки Серебрянки. Пробные площадки для взятия образцов почвы находятся на расстоянии 10 и 50 метров от линий электропередач (ЛЭП) 110 кВ, пересекающей Измайловский лесопарк, в 200 м от Главной аллеи.

На данном расстоянии от ЛЭП на биологическую активность почв оказывают влияние электромагнитные поля.

Определение нитратов в воде водоисточников проводилось при помощи нитратомера ИТ-1201. Полученные данные (табл. 1) свидетельствуют о незначительном загрязнении нитратами вод Лебедянского и Красного прудов. В большей степени загрязнены воды реки Серебрянки. По активности нитратредуктазы в водных экосистемах Измайловского парка выявлена тенденция их к самоочищению (высокая биологическая активность водных экосистем прудов и значительно сниженная в реке). В качестве объективной оценки состояния водных систем, их способности к самоочищению от органических соединений предложен коэффициент потенциальной активности нитратредуктазы (КПН). Это отношение активности нитратредуктазы, выраженной мг/л  $\text{NO}_3^-$ , к содержанию нитратсодержащих соединений.

*Таблица 1.*

**Активность нитратредуктазы и КПН в водных экосистемах**

<b>№ пробы</b>	<b>Водный объект</b>	<b>Концентрация <math>\text{C}_{\text{NO}_3^-}</math>, мг/л</b>	<b>Активность нитратредуктазы, мг/л</b>	<b>КПН</b>
1	Лебедянский пруд	1,7±0,1	40±5	23,53
2	река Серебрянка	20,0±2,4	80±5	4,00
3	Красный пруд	7,0±1,1	180±10	25,71

Согласно результатам исследования, антропогенное загрязнение прудов Измайловского парка не превышает предела толерантности их водных экосистем, тогда как экосистема реки Серебрянки подвергается воздействию превышающему пределы её толерантности.

Эти исследования подтверждают данные многократных исследований по определению индекса загрязнённости вод (ИЗВ) (табл. 2).

*Таблица 2.*

**Индекс загрязнённости воды в 2010 году**

<b>Водный объект</b>	<b>ИЗВ в осенний период</b>	<b>ИЗВ в весенний период</b>
Лебедянский пруд	1,48	0,9
Река Серебрянка	1,18	1,27
Красный пруд	1,27	0,68

Судя по представленным результатам, состояние прудов весной по сравнению с осенним периодом улучшилось, что обусловлено относительно высокой способностью к самоочищению в совокупности

с уменьшением антропогенной нагрузки в зимний период. В тоже время, состояние вод реки Серебрянка изменилось в сторону ухудшения качества, что по всей вероятности связано с ослаблением гомеостаза водной экосистемы реки, способности последней к самоочищению от различных загрязняющих веществ. Очевидно, содержание поллютантов, попадающих в реку, превышает пределы её толерантности.

Исследования активности фермента нитратредуктазы в почве проводились двумя методами: с помощью нитратомера и фотоэлектроколориметра (общепринятый метод). Опыты проводились в трёх повторностях с целью уменьшения погрешности.

Согласно данным полученным классическим методом в исследуемых образцах почвы выявлено увеличение активности фермента нитратредуктазы, практически не различающееся на расстоянии 10 м и 50 м от источника электромагнитного воздействия, что свидетельствует о высокой биологической активности почвенных экосистем на исследуемых площадках (табл. 3). Однако коэффициент потенциальной активности нитратредуктазы на расстоянии 10 м в подгоризонте 01 снижен (на 12,83 %) по сравнению с таковыми на пробной площадке 50 м. В подгоризонте 02 КПН превышает показатели такового на 36 %, а в горизонте А1 напротив, показатель КПН на расстоянии 10 м снижен по сравнению с таковым на 31,3 %.

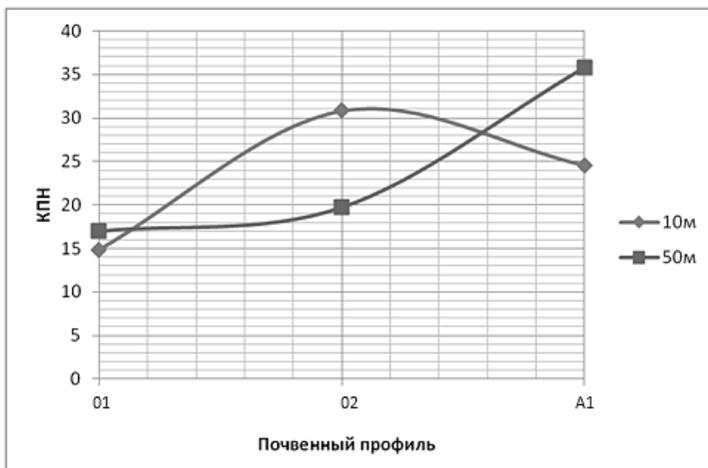
Результаты сравнения данных, полученных при исследовании с помощью нитратомера и фотоэлектроколориметра для определения нитратредуктазы в одних и тех же пробах показаны в таблице 3.

**Таблица 3.**

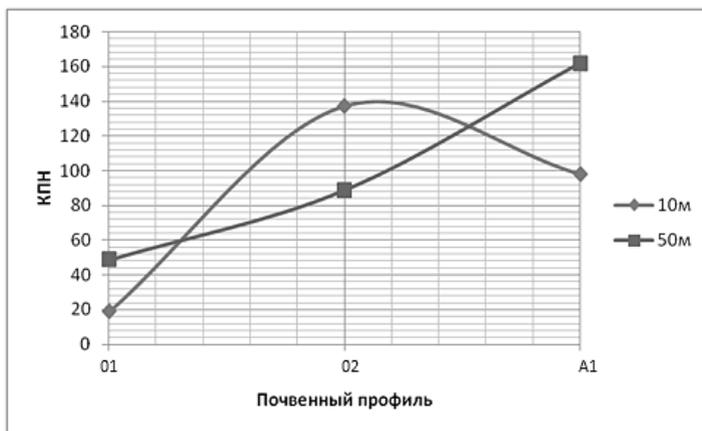
**Сравнительные данные определения нитратредуктазы  
в почвенном покрове**

№ пробы	Расстояние от ЛЭП, м	Горизонты	Концентрация $C_{NO_3}$ , мг/10 г	фотоэлектроколориметр			нитратомер		
				Активность нитратредуктазы, мг/10 г	КПН	∑ КПН	Активность нитратредуктазы, мг/л	КПН	∑ КПН
1	10	01	4,0±0,9	59,25	14,81	70,17	185±20	18,75	253,75
2		02	2,0±0,2	61,62	30,81		29±4	137,0	
3		A1	2,5±0,3	61,38	24,55		60±7	98,0	
4	50	01	3,5±0,6	59,45	16,99	72,45	130±15	48,57	298,98
5		02	3,1±0,5	61,10	19,71		40±5	88,71	
6		A1	1,7±0,2	60,78	35,75		55±7	161,7	

Использование нитратомера для определения активности нитратредуктазы и КПН позволяет получить более достоверные результаты. Однако, характер изменения активности нитратредуктазы по мере углубления в почвенном профиле абсолютно идентичном таковому при определении классическим методом (рисунок 1, рисунок 2).



**Рисунок 1. Распределение КПН по почвенному срезу. Исследование с помощью фотоэлектроколориметра**



**Рисунок 2. Распределение КПН по почвенному срезу. Исследование с помощью нитратомера**

При этом суммарные значения КПН, полученные методом сложения величин КПН в подгоризонтах 01,02 и А1 на площадке удаленной на 50 м от источника загрязнения на 17,8 % превышают значения суммарного показателя на 10 м. В то время как значимых различий суммарных показателей КПН с использованием фотоэлектроколориметра не выявлено (разница составляет 3,2 %).

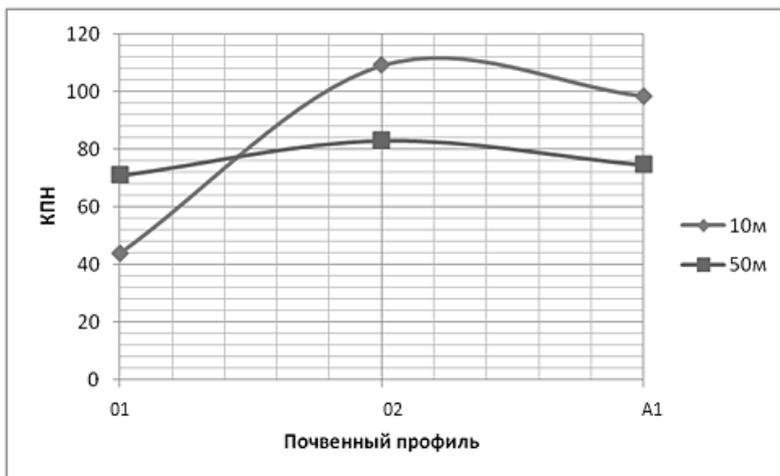
Полученные данные позволили нам использовать нитратомер для последующей работы для определения нитратредуктазы и КПН на различных расстояниях от ЛЭП (табл. 4).

*Таблица 4.*

**Активность нитратредуктазы и КПН по нитратомеру в почве на различном расстоянии от ЛЭП**

№ пробы	Расстояние от ЛЭП, м	Горизонты	Концентрация $C_{\text{НОЗ}}$ , мг/л	Активность нитратредуктазы, мг/л	КПН	$\sum$ КПН
1	10	01	4,0±0,7	175±20	43,75	251,15
2		02	2,0±0,2	218±25	109,0	
3		А1	2,5±0,3	246±26	98,4	
4	50	01	3,5±0,5	248±27	70,86	228,27
5		02	3,1±0,5	257±27	82,9	
6		А1	1,7±0,2	190±20	74,51	

Согласно полученным данным в образцах почвы взятых на расстоянии 10 м от источника практически совпадает характер изменения КПН по мере углубления и отчетливо повторяются значения суммарной активности КПН в почвенном профиле этого участка. Однако, результаты исследований полученных на участке 50 м повысятся только в подгоризонте 02 (в нем наиболее стабильны гидротермические условия) (рисунок 3.). При этом суммарная активность КПН в почвенном профиле данного участка уменьшается по сравнению с данными предыдущих исследований. Следовательно, биологическая активность почв на участке удаленном на 50 м не постоянна и зависит от различных экологических воздействий.



***Рисунок 3. Распределение КРН по почвенному срезу. Повторные исследования с помощью нитратомера***

Стабильность показателей биологической активности на участке 10 м указывает на приоритетность влияния электромагнитных полей на почвенные экосистемы. Таким образом, изучение нитратредуцирующей активности почвенной биоты с использованием различных приборов в работе показали большую точность при измерении почвенных вытяжек с помощью нитратомера, поскольку в процессе множественных манипуляций в общепринятом методе может теряться часть субстрата, что снижает объективность измерений.

Сравнение данных полученных на 10 м и 50 м от ЛЭП не выявило отчетливых различий биологической активности на этих участках.

**Выводы:**

1. Изучение нитратредуцирующей активности водных экосистем позволило выявить значимые отличия между водоемами соответственно их индексу загрязнения (ИЗВ), что позволяет рекомендовать метод определения нитратредуктазы в водах для прогнозирования состояния их водных экосистем.

2. Показатели ферментативной активности нитратредуктазы и КРН в подгоризонтах лесной подстилки и почве могут быть использованы в качестве специфических биоиндикаторов на загрязнение почв.

3. По мере приближения к источнику техногенного загрязнения (ЛЭП 110 кВ) закономерно снижается активность нитратредуктазы в верхнем подгоризонте подстилки и коэффициент потенциальной активности нитратредуктазы (КПН) в ней, что позволяет использовать показатели подгоризонта 01 для биоиндикации уровня биологической активности почвы при загрязнении.

4. Не выявлено четкого влияния электромагнитного воздействия от ЛЭП 110 кВ на биологическую активность почвенных экосистем методом определения нитратредуцирующей активности, поскольку суммарные значения КПН на площадках 10 м и 50 м не имели значимых отличий.

### **Список литературы:**

1. Бабушкина Л.Г., Коваленко Л.А., Неверова О.П., Судаков В.Г. Биологическая активность компонентов агробиогеоценозов как показатель адаптации экосистем к антропогенному загрязнению: моногр. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2008. — 292 с.
2. Степановских А.С. Экология: Учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. — 703 с.

## СЕКЦИЯ 8.

### ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И МЕНЕДЖМЕНТ, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

#### ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ

*Парфеньева Ирина Евгеньевна*

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

*РФ, г. Москва*

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

*Шмелева Анастасия Алексеевна*

*магистр Московского государственного  
машиностроительного университета (ММИ),*

*РФ, г. Москва*

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

#### ASSESSMENT OF THE QUALITY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE ORGANIZATION

*Parfenieva Irina*

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

*Russia, Moscow*

*Shmelev Anastasia*

*master of the Moscow state engineering University (MAMI),*

*Russia, Moscow*

## АННОТАЦИЯ

Проводится анализ существующих подходов к оценке качества технологических процессов. Предлагается методика оценки их качества, основанная на определении обобщенной функции желательности Харрингтона. Подход, основанный на оценке процессов по шкале значимости Харрингтона, широко используется в системах менеджмента качества организаций для оценки их результативности.

## ABSTRACT

Analysis of existing approaches to assessing the quality of technological processes. The technique of assessing their quality, based on the definition of generalized desirability function Harrington. An approach based on an assessment of the processes on the scale of importance Harrington, widely used in the quality management systems of organizations to assess their performance.

**Ключевые слова:** система менеджмента качества; технологический процесс; оценка качества; индекс воспроизводимости технологического процесса; шкала Харрингтона.

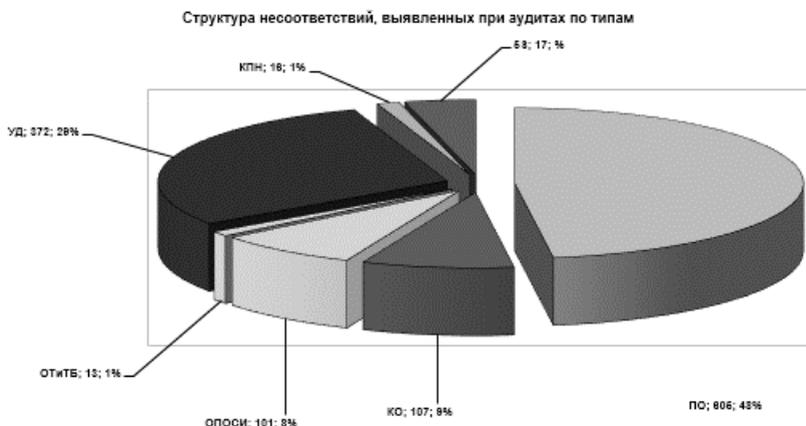
**Keywords:** the quality management system; production process; quality assessment; index of reproducibility of the process; the scale of Harrington.

Производственные процессы, в составе которых выделяют технологические процессы, в системе менеджмента качества (СМК) организаций относятся к основным процессам жизненного цикла продукции, к процессам, добавляющим ценность. При рассмотрении технологических процессов как объекта управления с позиций процессного подхода, необходимо определить перечень показателей качества процесса для оценки эффективности их выполнения.

В СМК организаций ежегодно проводятся внутренние аудиты, по результатам которых выявляются несоответствия требованиям ГОСТ ISO 9001. Анализ производственных данных, полученных в организации ОАО «Промтрактор» за 2012 год (рисунок 1), показывает, что большой процент несоответствий (49 %) приходится на производственные операции. Одной из основных причин выявленных несоответствий является несоответствие изделий заданным параметрам по конструкторской и технологической документации. Поэтому задача оценки и повышения качества технологических процессов является, безусловно, важной и актуальной.

Анализ отечественных и зарубежных литературных источников свидетельствует о том, что имеются различные подходы к оценке качества технологических процессов.

Например, имеет место подход на основе операционного свертывания показателей различных единичных свойств технологического процесса.



**Рисунок 1. Структура несоответствий, выявленных при аудитах**

Типы несоответствий: КПН — квалификация персонала; ПО — выполнение производственных операций; КО — выполнение контрольных операций; ОПОСИ — несоответствия в работе оборудования, приспособлений и средств измерений; УД — управление документацией; 5S — несоответствия по культуре производства; ОТИБ — охрана труда и промышленная безопасность.

Численный показатель единичных свойств находят дифференциальным методом квалиметрии, то есть как среднее арифметическое значение их величин

$$K_i = \frac{\sum_{j=1}^n K_j}{n} = \frac{K_1 + K_2 + \dots + K_j + \dots + K_n}{n}, \quad (1)$$

где:  $K_j$  — единичный показатель, характеризующий единичное свойство технологического процесса;

$n$  — количество единичных показателей, характеризующих свойство технологического процесса.

Оценка показателей  $K_j$  производится по одной шкале, например, балльной.

Расчет абсолютной величины комплексного показателя, характеризующего оцениваемый технологический процесс, осуществляют по формуле нахождения средневзвешенного значения  $K_{\text{ТП}}$

$$K_{\text{ТП}} = \sum_{j=1}^N \alpha_j K_j, \quad (2)$$

где:  $K_j$  —  $j$ -й групповой среднеарифметический показатель ( $j = 1, 2, \dots, N$ );

$N$  — количество учитываемых групповых показателей свойств;

$\alpha_j$  — коэффициент весомости (значимости) соответствующих групповых показателей, определяемый экспертным методом.

Уровень качества оцениваемого технологического процесса находят по основной квалиметрической формуле

$$Y_{\text{ТП}} = \frac{K_{\text{ТП оц}}}{K_{\text{ТП баз}}}, \quad (3)$$

где:  $K_{\text{ТП оц}}$  — комплексный показатель оцениваемого технологического процесса;

$K_{\text{ТП баз}}$  — комплексный показатель базового (эталонного) технологического процесса.

Данный подход является типовым и применяется в квалиметрии для оценки уровня качества промышленной продукции. В работе [1] показано, что применение такого подхода к оценке качества технологического процесса является не совсем правильным, так как эта оценка «не чувствительна» к изменениям, имеющим место при протекании технологического процесса. При осуществлении технологического процесса изменения одних показателей качества может быть компенсировано за счет изменения других показателей.

Имеет место подход, основанный на рассмотрении таких свойств технологического процесса как точность и стабильность. Именно показатели этих свойств (коэффициент точности  $k_T$ , коэффициент

настроенности  $k_H$ , коэффициент стабильности  $k_C$ ), начиная с 70-х годов стали включаться практически во все отечественные нормативные документы, касающиеся точности изделий и технологического процесса.

Определение указанных показателей производится с использованием полученных выборочных статистических характеристик измеряемого параметра продукции: выборочного среднего арифметического значения  $\bar{x}$  и выборочного среднего квадратического отклонения  $S$ , а оценка качества технологического процесса — через сопоставление их с установленным в нормативно-технической документации полем допуска  $T$  на параметр

$$k_T = \frac{6S}{T} \leq 1; \quad k_H = \frac{\bar{x} - x_T}{T} \rightarrow 0; \quad k_C = \frac{S_{t1}}{S_{t2}} \rightarrow 1, \quad (4)$$

где:  $T$  — поле допуска на параметр;

$x_T$  — середина поля допуска;

$S_{t1}$  — среднее квадратическое отклонение в фиксированный момент времени  $t_1$ ;

$S_{t2}$  — среднее квадратическое отклонение в сравниваемый фиксированный момент времени  $t_2$ .

Оценить уровень качества технологического процесса можно также по показателям свойств производимой продукции через уровень дефектности и уровень брака продукции [3]

$$Y_D = \frac{N_D}{N} \approx \frac{N_{D1}}{N_1} \approx \frac{N_{D2}}{N_2} \approx \dots \approx \frac{N_{Dn}}{N_n} < Y_{Dн}; \quad (5)$$

$$Y_B = \frac{N_B}{N} \approx \frac{N_{B1}}{N_1} \approx \frac{N_{B2}}{N_2} \approx \dots \approx \frac{N_{Bn}}{N_n} < Y_{Bн}, \quad (6)$$

где:  $Y_D$  и  $Y_B$  — соответственно уровень дефектности, и уровень брака продукции в расчетном периоде;

$N_D$  и  $N$  — общее количество дефектной и произведенной продукции в расчетном периоде;

$N_B$  — количество забракованной продукции в расчетном периоде;

$n$  — количество партий продукции, изготовленных в расчетном периоде;

$N_{дн}$ ,  $N_{бн}$ ,  $N_n$  — соответственно количество единиц дефектной, забракованной и изготовленной продукции в каждой из  $n$  партий ( $n = 1, 2, \dots$ );

$У_{дн}$ ,  $У_{бн}$  — соответственно нормативные уровни дефектности и брака продукции.

Если уровни дефектности и брака одинаковы от партии к партии и равны уровням общей дефектности и брака изготавливаемой продукции за рассматриваемый период времени, то это свидетельствует о стабильности технологического процесса производства; а если их уровни к тому же меньше допустимых значений, то очевидно технологический процесс достаточно точен.

Начиная с 90-х годов, когда на предприятиях стали появляться системы менеджмента качества, в отечественной и зарубежной технической литературе и нормативно-технической документации, количественную оценку возможностей любого процесса, включая и технологический, стали производить на основе индекса воспроизводимости  $C_p$  (или  $C_{pk}$ ) процесса. Этот показатель получил широкое распространение в зарубежной практике при сертификации технологического оборудования автомобильных корпораций США и Японии. Индексы воспроизводимости явились своеобразным развитием известных коэффициентов точности и настроенности технологического процесса. Они объективно характеризует вероятность получения некачественной продукции. По их значениям можно формировать заключения о состоянии технологического процесса.

В работе [2] в качестве обобщенного показателя для оценки качества технологического процесса предлагается использовать его результативность  $R$ . За результативность  $R$  технологического процесса принимается показатель, обратный суммарной взвешенной вероятности выхода несоответствующей продукции

$$R = \frac{1}{\sum_{i=1}^n q_i}, \quad (7)$$

где:  $n$  — количество показателей результативности технологического процесса;

$q_i$  — взвешенная вероятность выхода несоответствующей продукции по показателю качества, определяемому  $i$ -ым свойством технологического процесса.

В качестве значений единичных показателей для каждого из оцениваемых свойств предлагается использовать показатель  $ppm$  (от англ. *partspermillion*). Этот показатель в настоящее время широко распространен в мировой практике и характеризует выход бракованной продукции по показателям качества изделий на миллион произведенных. Показатель функционально связан с индексом воспроизводимости, при этом подразумевается, что процесс устойчив и воспроизводим.

Значимость отдельных свойств при оценке качества технологического процесса учитывается через коэффициенты весомости  $w_i$ , определяемые экспертным опросом по методу рангов.

Зная показатели  $ppm_i$  и их коэффициенты весомости  $w_i$  рассчитывают «взвешенную вероятность выхода несоответствующей продукции»  $q_i$  как произведение относительного выхода несоответствующих изделий  $(ppm_i) \cdot 10^{-6}$  по  $i$ -му показателю качества, на весомость  $w_i$  данного показателя

$$q_i = ppm_i \cdot w_i \cdot 10^{-6}. \quad (8)$$

Однако не все свойства технологического процесса можно свести к показателю  $ppm$ .

Существуют и другие подходы к оценке качества технологических процессов.

В данной работе предлагается оценивать качество технологических процессов по совокупности различных свойств по методике, основанной на использовании безразмерного обобщенного показателя. Этот показатель учитывает всю совокупность необходимых потребителю свойств (характеристик) технологического процесса — технических, экономических, эргономических и других, таблица 1. В качестве такого показателя принимается обобщенная функция желательности Харрингтона. Подход, основанный на оценке процессов по шкале значимости Харрингтона, широко используется в системах менеджмента качества организаций для оценки их результативности.

Таблица 1.

## Основные свойства технологического процесса

Технические	Экономические	Эргономические	Безопасности	...
Точность Стабильность Надежность и т. д.	Трудоемкость Себестоимость Материалоемкость Энергоемкость Производительность и т. д.	Удобство обслуживания и управления Гигиеничность Освещенность и т. д.	Токсичность Уровень шума Электробезопасность Пожаро- и взрывобезопасность и т. д.	

В основе построения обобщенного показателя качества технологического процесса лежит преобразование единичных показателей свойств в безразмерную шкалу желательности.

Такой подход обусловлен тем, что различные показатели свойств технологического процесса имеют различную размерность, что не позволяет усреднять их непосредственно. Поэтому использование единой безразмерной шкалы (шкалы желательности) позволяет избежать указанного затруднения и дает возможность объединить единичные показатели свойств в обобщенный показатель.

Обобщенная функция желательности  $D$  рассчитывается как среднее геометрическое из частных функций желательности  $d$  с учетом значимости каждого свойства

$$D = \sqrt[n]{\prod_{u=1}^n d_u^{\beta_u}}, \quad (9)$$

где:  $n$  — число свойств технологического процесса;

$\beta_u$  — показатель значимости (коэффициент весомости) свойства технологического процесса;

$u$  — место (номер) свойства в ранжированной последовательности свойств.

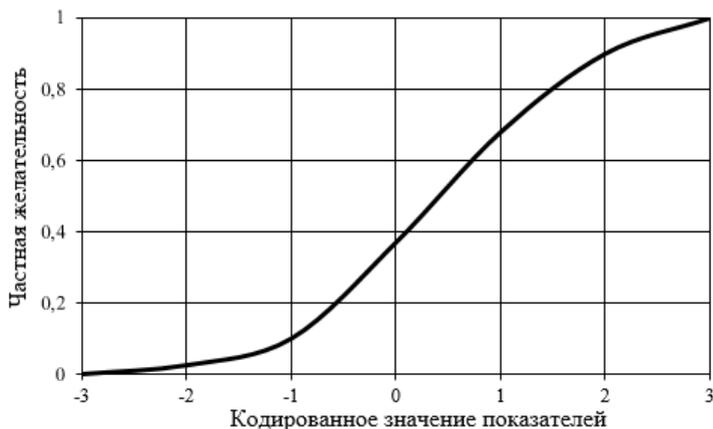
Частная функция желательность — это значение частного показателя, переведенного в безразмерную шкалу желательности. Шкала желательности имеет интервал от  $d=0$ , что соответствует неприемлемому уровню данного свойства, до  $d=1$ , что означает самое лучшее значение свойства.

В методике Харрингтона математическая зависимость оценки от показателя свойства выражается экспоненциальной зависимостью

$$d = (e^{-e})^{-y}, \quad (10)$$

где  $y$  — кодированное значение частного показателя, то есть его значение в условном масштабе.

Графически зависимость (10) представлена на рисунке 2.



**Рисунок 2. Функция желательности**

Функция (10) имеет несколько критических или базовых точек (точек перегиба). Задаются границы градаций желательности, руководствуясь строгими интервальными диапазонами, таблица 2.

**Таблица 2.**

**Границы градаций желательности**

<b>Желательность</b>	<b>Отметки на шкале частной желательности</b>
Очень хорошо	1,00—0,80
Хорошо	0,80—0,63
Удовлетворительно	0,63—0,37
Плохо	0,37—0,20
Очень плохо	0,20—0,00

Коэффициенты весомости  $\beta_u$  показателей свойств технологического процесса определяются экспертным опросом по методу

рангов. Составляется ранжированный ряд свойств технологического процесса в порядке возрастания суммы рангов. Показатель значимости свойства соответствует месту  $u$ , которое свойство занимает в полученном ранжированном ряду, и вычисляется по формуле

$$\beta_u = \frac{u}{2^{u-1}}. \quad (11)$$

Значения  $\beta_u$  приведены в таблице 3.

*Таблица 3.*

**Показатель значимости свойств технологического процесса**

Место свойства (ранг)	1	2	3	4	5	6		$\infty$
Показатель значимости	1,00	1,00	0,75	0,50	0,31	0,187	...	0,00

Таким образом, для определения обобщенной оценки технологического процесса по формуле (9) нужно, во первых, все частные показатели свойств технологического процесса ( $x$ ) перевести в кодированные значения ( $y$ ) и вычислить частные функции желательности  $d_i$ . С этой целью априорно задается характер зависимости между ними. Простейший случай — линейная зависимость

$$y = a_0 + a_1 x \quad . \quad (12)$$

Прологарифмировав дважды уравнение (10), получим

$$\ln \ln \frac{1}{d} = -y.$$

Подставляем значения  $y$  в уравнение (12)

$$a_0 + a_1 x = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{d}}.$$

Составляем систему уравнений для известных значений показателей свойств

$$\left\{ \begin{array}{l} a_0 + a_1 x_1 = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{d_1}} \\ a_0 + a_1 x_2 = \ln \frac{1}{\ln \frac{1}{d_2}} \end{array} \right. .$$

Решением системы уравнений находят значения коэффициентов  $a_0$  и  $a_1$ . Коэффициенты  $a_0$  и  $a_1$  вычисляются по базовым точкам на шкале желательности (0,37; 0,63; 0,80). Задача эксперта в этом случае — правильно поставить в соответствие значениям базовых точек (для построения уравнения достаточно две точки) адекватные значения наблюдаемых параметров.

В результате получают уравнение линейной зависимости между исследуемым показателем и безразмерными значениями. По этому уравнению можно найти значение  $y$  для любого значения  $x$ , а далее по формуле (10) — частную функцию желательности. Далее рассчитывается обобщенная функция желательности  $D$  по выражению (9).

Обобщенная оценка технологического процесса сравнивается со шкалой стандартных оценок (таблицу 2) и между собой. Качество технологического процесса будет тем выше, чем большее значение имеет обобщенная функция желательности.

На основании анализа результатов делается вывод о пригодности технологического процесса к использованию, путях улучшения технологического процесса, направлениях новых разработок и т. п.

Таким образом, обобщенная функция желательности является количественным, однозначным и универсальным показателем качества исследуемого объекта — технологического процесса.

### Список литературы:

1. Буткевич Р.В., Клочков Ю.С., Яницкая Т.С., Ярыгин С.А. Методические основы количественного оценивания технологических процессов // Известия Самарского научного центра РАН, — т. 7, — № 2, — 2005. — с. 456—463.
2. Михайловский И.А. Управление качеством изделий на основе регламентации комплекса требований к процессам их производства // Век качества, — № 2, — 2011. — с. 49—51.
3. Федюкин В.К. Управление качеством технологических процессов. М.: КНОРУС, 2013 — 232 с.

**ОПИСАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
АЛГОРИТМОВ СБОРКИ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ  
В ОБЪЕКТНО-ПРОЦЕССНОМ ПРОГРАММНОМ  
КОМПЛЕКСЕ «COBRA++»**

*Постников Алексей Максимович*

*аспирант*

*Международной Академии бизнеса и новых технологий (МУБиНТ),*

*РФ, г. Ярославль*

*E-mail: [vy\\_shved@mail.ru](mailto:vy_shved@mail.ru)*

*Шведенко Петр Владимирович*

*магистрант Санкт-Петербургского университета*

*точной механики и оптики (ИТМО),*

*РФ, г. Санкт-Петербург*

**DESCRIPTION OF THE METHODOLOGY  
FOR THE DESIGN OF ASSEMBLY ALGORITHMS  
AND DATA PROCESSING IN AN OBJECT-PROCESS-  
BASED SOFTWARE PACKAGE «COBRA++»**

*Postnikov Alecsey*

*graduate of the International Academy  
of business and new technologies (Mount),*

*Russia, Yaroslavl*

*Shvedenko Peter*

*graduate student of the St. Petersburg Institute of fine mechanics  
and optics (ITMO), system administrator, LLC "REGUL++",*

*Russia, St. Petersburg*

**АННОТАЦИЯ**

В статье описывается пошаговая процедура проектирования алгоритма сборки и обработки данных для последующей оценки эффективности выполняемых работ в соответствии с деревом целей и исполняемыми бизнес-процессами предприятия.

## ABSTRACT

This article describes a step-by-step design procedure of the Assembly algorithm and processing data for subsequent evaluation of the effectiveness of work performed in accordance with the objectives tree and executable business processes of the enterprise.

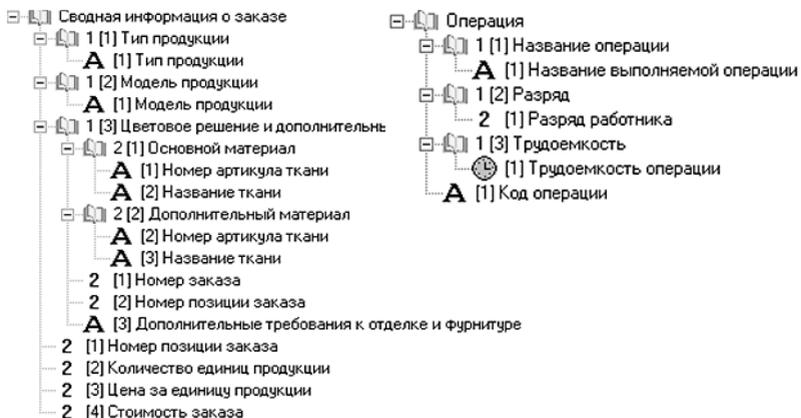
**Ключевые слова:** информационно-управляющая система; объектно-процессное проектирование; сбор и обработка информации.

**Keywords:** management information system; object-process design; collection and processing of information.

Объектно-процессный программный комплекс (ОО ПК) «COBRA++» (разработка Санкт-Петербургской компании — ООО «РЕГУЛ +» — резидента Инновационного центра «Сколково») ориентирован на создание пользовательских приложений для описания объектов предметной области, их структуры, регламентов воздействия на объекты предметной области и разработку метрической системы оценки результатов достигаемых воздействий. Проектирование модели описания среды предметной области и настройка ее нормативно-корректирующих параметров осуществляется непосредственно специалистами предметной области, при этом обеспечивается сохранение всех ее предшествующих модификаций. ОО ПК «COBRA++» представляет собой универсальный инструмент строителя информационно-управляющих систем (ИУС) предприятия/ организации любой отраслевой направленности и уровня сложности, в котором отсутствует жесткая и единообразная схема проектирования задач управления объектами предметной области. Один и тоже результат может быть получен несколькими способами. Функциональные возможности инструмента раскрыты в статье [1].

В работе предложен вариант последовательности проектирования задачи управления объектами предметной области согласно следующему алгоритму:

*Шаг 1. Формирование или выбор из имеющейся библиотеки ИУС объектов управления.* Каждый объект описывается набором характеристик, однозначно отражающих сущность предметной области, которая представляется в виде древовидной структуры, состоящей из объектов и его свойств (см. рис. 1)

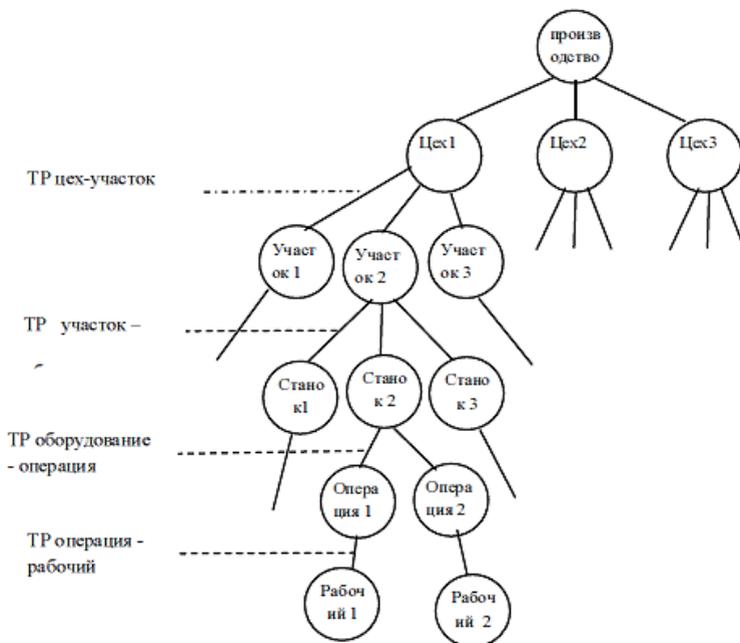


**Рисунок 1. Примеры представления структуры информационных объектов**

Глубина детализации объекта управления также определяется самим пользователем системы, и может меняться в зависимости от типа решаемой им задачи.

*Шаг 2. Установление связей между объектами управления.* Построение графической схемы иерархии объектов управления (см. рис. 2)

Объекты управления выбираются и структурируются по разным классификационным признакам предметной области таким как, например, «производственная программа предприятия-производственный заказ-тип продукции-модель-материал и фурнитура» или «производственная подсистема предприятия-цеха-участки-оборудование-производимые операции-рабочие, их осуществляющие». Количество одновременно используемых структурных классификаций объектов управления системой не ограничен. В зависимости от решаемой задачи при сборке данных пользователь в дальнейшем подключает ту или иную сформированную структуру, по которой будет осуществляться агрегация и/или выборка данных.



**Рисунок 2. Пример построения иерархии связей объектов управления (детализация: производство — ... — исполнитель производственной операции)**

*Шаг 3. Прикрепление к объектам управления бизнес-процессов, через них циркулирующих.* Прикрепление производится автоматически или выборочно (через таблицу решений) в соответствии с имеющейся в ИУС библиотекой связей «Объект управления» — «Этап  $i$ -й бизнес-процесса  $j$ -го». При этом соблюдается следующее правило: «Через каждый объект управления в ИУС может проходить один или более бизнес-процессов. Объект, через который не проходит ни один бизнес-процесс, объектом управления не является». Узлом связи выступает конкретный этап бизнес-процесса.

*Шаг 4. Назначение объектов контроля.* Состояние каждого объекта управления может быть рассмотрено через различные его ракурсы. Каждый ракурс объекта управления описывается своей системой контроля. Например, при анализе: соблюдения сроков выполнения заказов предприятия, заказы — объект управления, сроки выполнения — объект контроля; загрузки производственной мощности предприятия, оборудование — объект управления, продол-

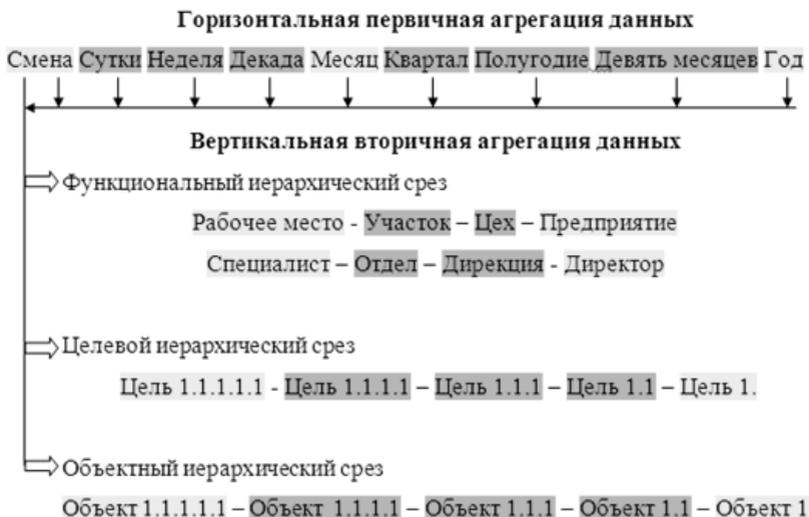
жительность работы оборудования — объект контроля; себестоимости выпуска единицы модели X, модель X — объект управления, структура себестоимости и сырьевого списка модели X — объект контроля; использования стали определенной марки за 1 квартал 20-хх года, объект управления — сталь определенной марки, объем использования всего по предприятию и в разрезе ассортимента выпускаемой продукции, в том числе списанной в брак и реализованной на сторону — объекты контроля. В системе ИУС производится присвоение каждому объекту управления один и более объектов контроля.

*Шаг 5. Назначение показателей, оценивающих состояние объекта контроля.* Каждому объекту контроля может соответствовать один и более показателей, измеряющий его состояние. Например, объект управления — оборудование, объект контроля — продолжительность работы, показатели — время начала и завершения в разрезе каждой смены, количество и продолжительность остановов оборудования в разрезе каждой смены, количество произведенных операций по отношению к отработанному времени за смену и т. д.

*Шаг 6. Присвоение нормативных параметров каждому показателю, оценивающему состояние объекта контроля. Назначение диапазона коридоров отклонений* (разрешенное, допустимое, предельное), их верхнее и нижнее значение. *Назначение схемы адресации сообщений* о возникающих отклонениях (передача сигналов на операционно-функциональный, тактический и стратегический уровни принятия управленческих решений).

*Шаг 7. Формирование схемы агрегирования данных.* Различают первичную горизонтальную агрегацию — укрупнение данных исполнения этапов бизнес-процессов предприятия по периодам сбора информации (смена, сутки, неделя, декада, месяц и т. д.) и три вида вторичной вертикальной агрегации данных (по функциональным, целевым и объектным иерархическим срезам структурируемых данных). (см. рис. 3).

Как следует из рис. 3, функциональная агрегация предполагает укрупнение данных по функциональным признакам решаемой задачи (принадлежность к функциональному направлению деятельности предприятия). Целевая агрегация данных производится в соответствии с обозначенным деревом исполнения задач предприятия. Объектная агрегация выполняется в соответствии с установленной предметной иерархией анализируемых объектов управления. Проектирование схем агрегации данных производится в графическом и табличном формате. Механизм агрегирования данных описан в работах [2; 3].



**Рисунок 3. Схема первичной и вторичной агрегации данных**

*Шаг 8. Закрепление регламента адресации агрегированных данных на стратегический, тактический и оперативные уровни принятия управленческих решений.* Проектирование схем передачи данных на соответствующие центры принятия решений с указанием параметров, формата представления и сроков передачи данных производится в графическом и табличном формате.

### **Список литературы:**

1. Шведенко В.Н., Веселова Н.С. Методика проектирования объектно-процессных систем управления предприятием на платформе ОО СУБД «COBRA++» // Научно-практический журнал «Интеграл», — № 5—6 (79—80), — 2014 г., — с. 115.
2. Шведенко В.Н., Шведенко В.В., Постников А.М. Модель агрегированных значений плановых и фактических показателей в объектно-ориентированных СУБД // Научно-практический журнал «Интеграл», — № 1, — 2014 г., — с. 78—80
3. Шведенко В.В., Шведенко П.В. Агрегирование данных в ОО СУБД «COBRA++» // Научно-практический журнал «Интеграл», — № 5—6 (79—80), — 2014 г., — с. 31.

**Научное издание**

**«ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ –  
ОТ ТЕОРИИ К ПРАКТИКЕ»**

Сборник статей по материалам  
XLIV международной научно-практической конференции

№ 3 (40)

Март 2015 г.

Подписано в печать 07.04.15. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 8,5. Тираж 550 экз.

Издательство «СибАК»  
630099, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 16, офис 807  
E-mail: mail@sibac.info

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