



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

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

№ 4 (41)  
Апрель 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 XLV междунар. науч.-практ. конф. № 4 (41). Новосибирск: Изд. «СибАК», 2015. 114 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**

СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ СТАНКА С ЧПУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ “ARDUINO UNO” 6

Боос Глеб Олегович  
Гордеев Алексей Сергеевич  
Просоедов Роман Александрович

БОРЬБА С ПЕРЕГРУЗКАМИ В СИСТЕМАХ ОНЛАЙН-ВЕЩАНИЯ 16

Манакова Ирина Павловна

ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОС И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ 27

Орлов Андрей Геннадьевич  
Моисеев Дмитрий Владимирович  
Чужикова Ольга Дмитриевна

СОРАСОВАНА. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ 33

Тюрин Сергей Феофентович  
Андреев Роман Александрович  
Феофилова Полина Андреевна

КВАНТОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПАРЕННЫХ КУБИТОВ 39

Кротова Елена Львовна  
Абдулов Дмитрий Игоревич  
Андреев Роман Александрович  
Бадртдинов Артём Сергеевич  
Салимзебаров Эльдар Дамирович  
Феофилова Полина Андреевна

### **Секция 2. Машиностроение и машиноведение 45**

РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ТРЕХМЕРНЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ УСП 45

Капранов Александр Евгеньевич  
Прис Наталья Михайловна

УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ ПЛАСТИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛИ 14X17H2 51

Лопухов Юрий Иванович  
Лахина Мария Александровна

<b>Секция 3. Энергетика и энергетические техника и технологии</b>	<b>60</b>
ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ В МИРОВОМ СООБЩЕСТВЕ Тарасов Алексей Сергеевич Калинин Вячеслав Федорович	60
НЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ Шпота Артем Андреевич Орлов Дмитрий Викторович Набиуллин Рамиль Анварович Планков Александр Анатольевич	65
<b>Секция 4. Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии</b>	<b>72</b>
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ Гребнев Юрий Владимирович Хмуров Иван Андреевич Родин Андрей Сергеевич	72
<b>Секция 5. Строительство и архитектура</b>	<b>79</b>
ОСОБЕННОСТИ АРМИРОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРОЙ Максимов Сергей Павлович Башкова Юлия Борисовна Шкуркина Анна Игоревна Вшивков Евгений Павлович	79
<b>Секция 6. Приборостроение, метрология, радиотехника</b>	<b>85</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕЧЕИСКАТЕЛЕЙ Смирнов Дмитрий Юрьевич Рябикина Татьяна Владимировна	85

**Секция 7. Безопасность жизнедеятельности человека, промышленная безопасность, охрана труда и экология** **93**

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЫМОВЫХ **93**

ПРОМЫШЛЕННЫХ ТРУБ

Дудочкин Игорь Борисович

Овчинников Ярослав Валерьевич

Кухта Михаил Валерьевич

Шишкина Елена Анваровна

Зарипова Гузель Ураловна

**Секция 8. Инжиниринговые и научно-технические системы и платформы** **100**

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ **100**

МОДЕЛИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ НА ВИРТУАЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ

Демин Анатолий Владимирович

Денисов Андрей Васильевич

**Секция 9. Нанотехнологии и наноматериалы** **107**

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ **107**

МЕЗОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МИКРОКРИСТАЛЛОВ

САМОО<sub>4</sub> И SRMOO<sub>4</sub>.

Калюжный Николай Андреевич

Атучин Виктор Валерьевич

Андреева Оксана Прокопьевна

Гаврилова Татьяна Александровна

Корольков Илья Викторович

Максимовский Евгений Анатольевич

## **СЕКЦИЯ 1.**

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

#### **СЛЕДЯЩАЯ СИСТЕМА МЕХАНИЗМА ПОДАЧИ СТАНКА С ЧПУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ “ARDUINO UNO”**

***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*

# SERVO SYSTEM FEED MECHANISM CNC MACHINES USING “ARDUINO UNO”

***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*

## **АННОТАЦИЯ**

В данной статье представлено моделирование следящей системы механизма подачи станка с ЧПУ с использованием “Arduino Uno”.

## **ABSTRACT**

This article presents a simulation of the servo system feeder CNC machine using “Arduino Uno”.

**Ключевые слова:** ЧПУ; Следящая система.

**Keywords:** CNC; feeder system.

## **Введение**

В наши дни автоматизация развивается все с более высокими оборотами, что позволяет двигать прогресс человечества вперед. Так как большинство производственных машин включают в себя электропривод, то необходима задача его управления, что выполняют микроконтроллеры. В данной статье приводится микроконтроллер Arduino Uno, с помощью которого осуществляется перемещение исполнительного механизма с продольной подачей станка с ЧПУ. В процессе эксплуатации возникает необходимость разгона, торможения, реверса электропривода, а также поддержание требуемой величины перемещения.

На данный момент существует несколько способов управления Автоматические системы управления электроприводами (АСУ ЭП):

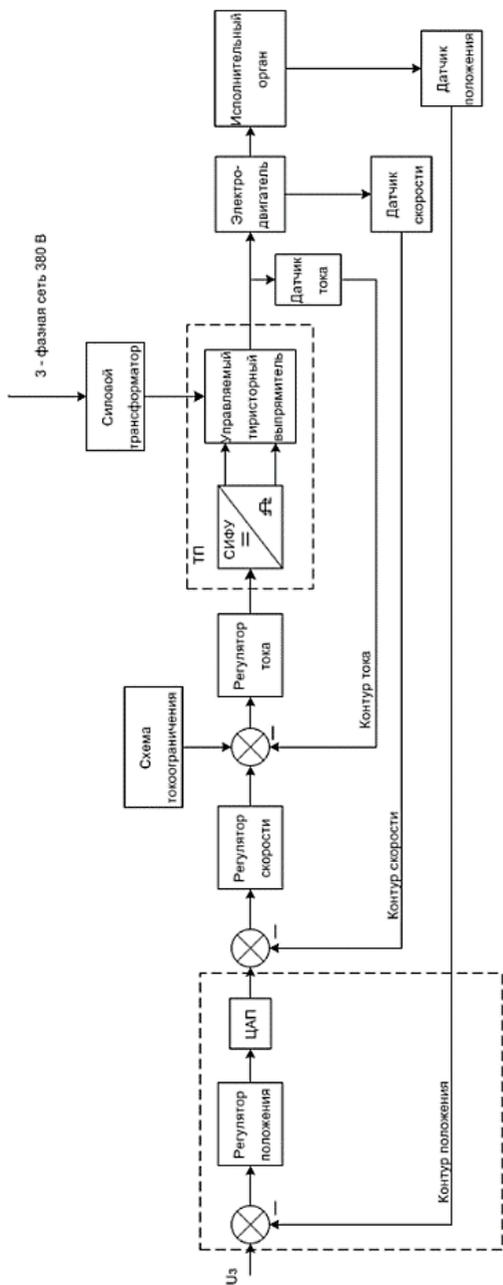
- стабилизирующее
- программное

- следящее

Объектом нашего внимания являются программные АСУ ЭП, управляющие положением исполнительного органа по заранее заданной программе.

#### **Описание системы**

Для хорошей работоспособности нашей системы применяется принцип подчиненного управления электропривода. Его суть состоит в том, что для управления током якоря и угловой скоростью используется отдельный регулятор и отрицательная обратная связь по каждой координате. Контуров регулирования настраиваются на фильтр Баттерворта 2 порядка и имеют хорошие переходные процессы. Такое построение позволяет произвести оптимальную настройку с заданным качеством каждого контура и одновременно подчинить работу всех внутренних контуров регулированию основной выходной координаты системы.

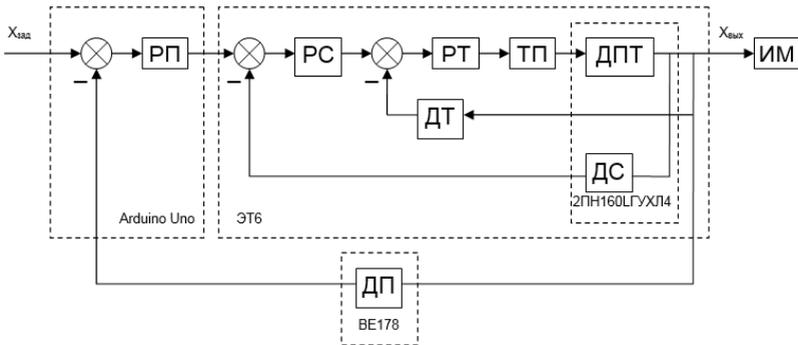


**Рисунок 1. Общая функциональная схема**

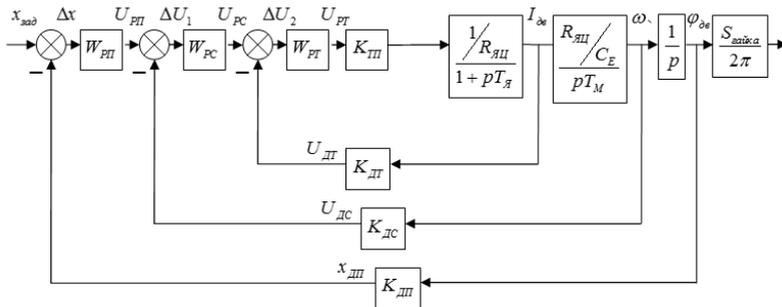
В общем случае настройка контуров и выбор параметров регуляторов координат производится по техническому оптимуму.

Для изучения данной задачи выберем необходимый нам устройства:

- электропривод ЭТ-6
- двигатель постоянного тока 2ПН160ЛГУХЛ4
- датчик положения BE178
- микроконтроллер Arduino Uno



**Рисунок 2. Функциональная схема выбранной системы**



**Рисунок 3. Структурная схема системы без учета нелинейностей**

$x_{зад}$  — входное воздействие;

$x_{ДП}$  — выход с датчика положения;

$\Delta x$  — ошибка по контуру положения;

$U_{РП}$  — выход с регулятора положения;

$U_{дс}$  — выход с датчика скорости;  
 $\Delta U_1$  — ошибка по контуру скорости;  
 $U_{рс}$  — выход с регулятора скорости;  
 $U_{дт}$  — выход с датчика тока;  
 $\Delta U_2$  — ошибка по контуру тока;  
 $U_{рт}$  — выход с регулятора тока;  
 $I_{дв}$  — ток якоря двигателя постоянного тока (ДПТ);  
 $\omega_{дв}$  — угловая скорость вращения вала ДПТ;  
 $\varphi_{дв}$  — угол поворота вала ДПТ;

Так же учтем наши нелинейности и метод управления микроконтроллером в системе. У нас нет аналогового выхода у микроконтроллера, но можно управлять с помощью ШИМ.

Регуляторы тока и скорости и дополнительное усилительное звено с выхода ШИМ реализованы на операционных усилителях и их выходы не могут превосходить напряжения насыщения, поэтому нужно учитывать ограничение выходных сигналов этих регуляторов (в нашем случае ограничение будет происходить на величинах -10 В и +10 В). 8-ти разрядный ШИМ вносит квантование по уровню, поэтому выходное напряжение может принимать только одно из значений кратное единице младшего разряда ЦАП

$$U_{ед} = \frac{5B}{1024} \approx 0,005B .$$

Частота ШИМ: 30.52 Гц

Датчик положения также вносит квантование по уровню и времени.

Квантование по уровню:

$$\varphi_{EMP} = \frac{2\pi}{250} = 0,025 \text{ рад}$$

Квантование по времени датчика:  $t = 0.005c$  Определено из условия частоты опроса дискретного входа:  $f = 200Гц$  Полученная нами система представлена в программе VisSim

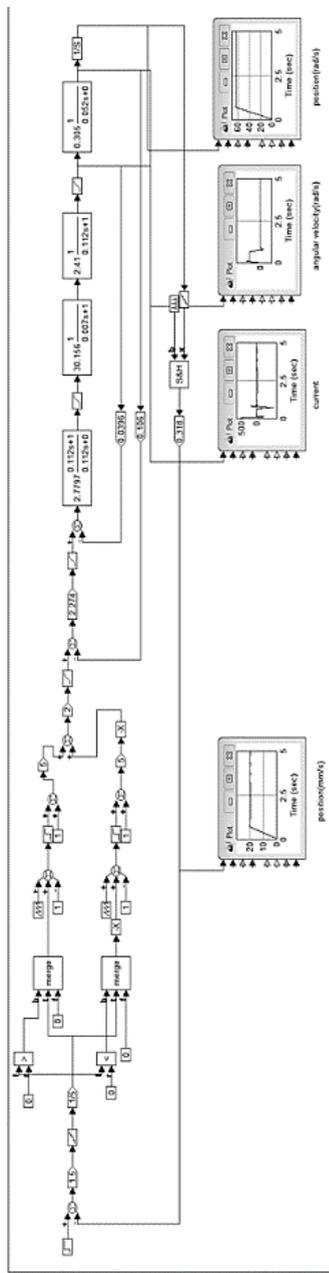
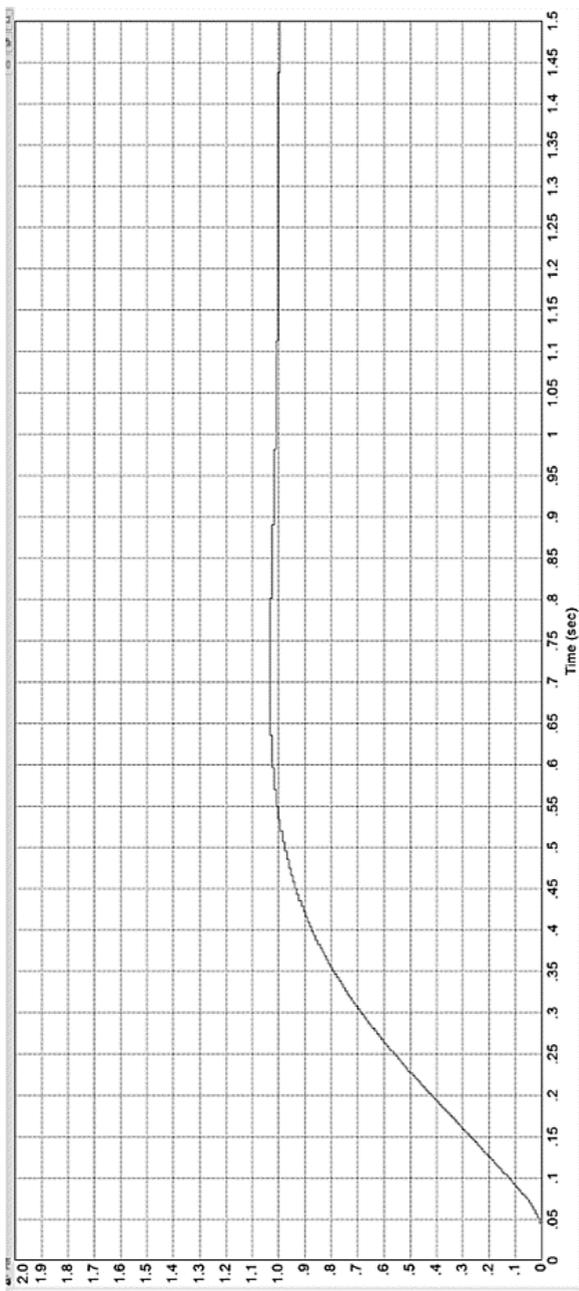


Рисунок 4. Модель системы в программе VisSim



*Рисунок 5. Реакция системы на единичное ступенчатое возмущение модели системы в программе VisSim*

Время регулирования — 0,47 с.

Перерегулирование — 4 %.

Для правильной работы микроконтроллера, необходимо его запрограммировать. Листинг программы с кратким описанием представлен ниже.

#### Листинг программы работы микроконтроллера Arduino Uno

```
#include <PID_v1.h>
double Setpoint, Input, Output;
PID myPID(&Input, &Output, &Setpoint,1,0,0, DIRECT);
int pulse = 0; // число пульсаций
int fadeAmount = 1; // шаг пульсаций
unsigned long currentTime;
unsigned long loopTime;
const int pin_A = 12; // pin 12
const int pin_B = 11; // pin 11
unsigned char encoder_A;
unsigned char encoder_B;
unsigned char encoder_A_prev=0;
void setup() {
  TCCR1B = TCCR1B & 0b11111000 | 0x05; // Частота ШИМ
на ногах 9 и 10 при //делителе 1024 и частоте 30,52 Гц
  pinMode(pin_A, INPUT);
  pinMode(pin_B, INPUT);
  currentTime = millis();
  loopTime = currentTime;
  Setpoint = 10;
  myPID.SetMode(AUTOMATIC);
}
void loop() {
  currentTime = millis();
  if(currentTime >= (loopTime + 5)){ // проверяем каждые 5мс (200 Гц)
    encoder_A = digitalRead(pin_A); // считываем состояние выхода А
энкодера
    encoder_B = digitalRead(pin_B); // считываем состояние выхода В
энкодера
    if(!encoder_A && (encoder_A_prev)){ // если состояние
изменилось с положительного к нулю
      if(encoder_B) {
        // выход В в полож. сост., значит вращение по часовой стрелке
```

```

// увеличиваем число пульсаций
if(pulse + fadeAmount) brightness += fadeAmount;
}
else {
// выход В в 0 сост., значит вращение против часовой стрелки
// уменьшаем пульсации,
if(pulse - fadeAmount) brightness -= fadeAmount;
}
}
encoder_A_prev = encoder_A; // сохраняем значение А для
следующего цикла
Input = pulse *0.00783550168;
myPID.Compute();
if (brightness>0)
{
analogWrite(9,Output);
}
else
{
analogWrite(10,Output);
}
loopTime = currentTime;
}
}

```

### **Заключение.**

В данной статье мы привели пример использования нашего микроконтроллера Arduino Uno в следящей системе. Мы получили неплохие результаты и проверили работоспособность системы в программе VisSim.

### **Список литературы:**

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

# **БОРЬБА С ПЕРЕГРУЗКАМИ В СИСТЕМАХ ОНЛАЙН-ВЕЩАНИЯ**

*Манакова Ирина Павловна*

*аспирант Уральского Федерального Университета,  
РФ, г. Екатеринбург  
E-mail: [iman@vidicor.ru](mailto:iman@vidicor.ru)*

## **FIGHTING WITH THE OVERLOAD IN THE INTERTEN VIDEO SYSTEMS**

*Irina Manakova*

*postgraduate student Ural Federal University,  
Russia, Ekaterinburg*

### **АННОТАЦИЯ**

При внедрении систем онлайн-вещания можно столкнуться с проблемой ограниченности пропускной способности звеньев интернет-сети, когда появляются перегрузки, ведущие к краху качественной видеосвязи. В работе описываются предложенные автором способы борьбы с перегрузками. Приводится алгоритм поиска варианта перераспределения нагрузки и его программная реализация. Предлагаемые решения могут использоваться для реальных систем онлайн-вещания как для уменьшения нагрузки на конкретные узлы, так и для увеличения количества одновременно подключенных приемных устройств (плееров) зрителей.

### **ABSTRACT**

When implementing the Internet video systems, one may face the real-life problem of the limited bandwidth of Internet network segments, when they may become overloaded which results in crash of quality video communication. The scientific paper is dedicated to the research of the methods of coping with overloads. Also the scientific paper is dedicated to the algorithm of coping with overloads and its implementation. The conducted research has demonstrated that the proposed solutions may be used in real Internet video systems that they actually allow to cope with overloads, and also allow to increase the number of clients linked to the network.

**Ключевые слова:** мультимедийный трафик; видеосистема; система онлайн-вещания; CDN; RTMCDN.

**Keywords:** multimedia content; video system; online broadcast; CDN; RTMCDN.

## 1. Проблемы внедрения систем онлайн-вещания

При внедрении систем онлайн-вещания можно столкнуться с возникающей в реальных условиях проблемой ограниченности пропускной способности звеньев интернет-сети, когда могут появляться перегрузки сети, ведущие к краху качественной видеосвязи. Проблема ограниченности пропускной способности каналов связи связана с их неоднородностью, а также с низкой пропускной способностью звеньев сети [3]. Проблема может решаться созданием инфраструктуры, включающей узлы репликации (размножения) мультимедийных потоков на базе Интернет сети. Для этого требуется решение определенных проблем. Из-за использования публичных каналов связи сети разных провайдеров накладываются друг на друга, при этом появляется разнородный трафик. Из-за этого, а также из-за повышения спроса на мультимедийные услуги, узлы систем онлайн-вещания могут оказываться перегруженными, что влияет на качество предоставляемых услуг [3].

Для повышения эффективности работы систем онлайн-вещания и для увеличения количества подключенных к конкретной системе клиентов актуально решение задач борьбы с перегрузками узлов мультимедийной сети. Один из способов — перераспределение нагрузки между узлами.

## 2. Модель системы онлайн-вещания

Рассмотрим предлагаемую структурную модель системы онлайн-вещания (рис. 1). Её элементы частично описаны в [6].



**Рисунок 2. Модель структуры системы онлайн-вещания**

На основании полученной структурной модели, предлагается математическая модель описания нагрузки на систему в конкретный момент времени. Это набор параметров  $\{N, U, S, L, W\}$ , где  $N$  (*node*) — множество мультимедийных узлов,  $U$  (*user*) — множество подключенных к системе плееров зрителей,  $S$  (*stream*) — множество мультимедийных потоков,  $L$  (*load status*) — статус (модель) нагрузки системы,  $W$  (*waiting*) — очередь плееров ожидающих подключения.

Каждый структурный элемент системы характеризуется набором статических и динамических параметров. Динамические параметры определяют нагрузку на конкретный структурный элемент. Так, для каждого мультимедийного узла  $n$  определяется следующий набор параметров:

$$n = \{CPU_{\max}, M_{\max}, U_{\max}, R_{\max}^{out}, R_{\max}^{in}, CPU, M, U, R^{out}, R^{in}, S, BL, \rho\}.$$

Здесь статическими параметрами являются:  $CPU_{\max}$  (объем ресурсов процессора),  $M_{\max}$  (объем ресурсов оперативной памяти),  $U_{\max}$  (допустимое количество подключенных плееров),  $R_{\max}^{out}$  (объем пропускной способности исходящего канала),  $R_{\max}^{in}$  (объем пропускной способности входящего канала),  $S$  (множество потоков, которые передает узел),  $BL$  (граница перехода из состояния «нагружен» в состояние «перегружен»).

Динамическими параметрами являются  $CPU$  (текущая загрузка процессора),  $M$  (текущая загрузка узла по объему используемой оперативной памяти),  $U$  (текущая загрузка узла по количеству подключенных плееров),  $R^{out}$  (текущая загрузка исходящего канала узла),  $R^{in}$  (текущая загрузка входящего канала узла),  $\rho$  (загруженность (активность) узла).

Нагрузка на узел описывается как сумма функций его внешней ( $f_{ex}$ ) и внутренней нагрузки ( $f_{inc}$ ):

$$\begin{cases} CPU = CPU_{ex} + CPU_{inc}, \\ M = M_{ex} + M_{inc}, \\ U = U_{ex} + U_{inc}, \\ R^{out} = R_{ex}^{out} + R_{inc}^{out}, \\ R^{in} = R_{ex}^{in} + R_{inc}^{in}, \end{cases} \quad (1)$$

Внешнюю нагрузку определяют изменения условий эксплуатации аппаратного комплекса, дополнительные внешние процессы, изменения в топологии сети и в сетевых характеристиках, а также внешний трафик.

Внутреннюю нагрузку определяют процессы, запускаемые самой системой, а также передаваемые системой мультимедийные потоки.

Каждый плеер зрителя  $u$  характеризуется набором параметров:  $u = \{b, B, Y, K\}$ , где  $b$  — мультимедийный поток,  $Y$  — узел, к которому подключен плеер,  $B$  — качество потока,  $K$  — множество возможных подключений, которое характеризует то, к каким узлам может быть подключен плеер.

Каждый поток  $s$  характеризуется набором параметров  $s = \{n_{parent}, n_{stream}, q, b_s\}$ , где  $n_{parent}$  — родительский узел, который является началом передачи потока,  $n_{stream}$  — множество узлов репликации потока,  $q$  — качество потока,  $b_s$  — величина потока (битрейт).

Для описания внутренней нагрузки на каналы узлов, а также для определения модели битрейта, были проведены натурные эксперименты по анализу мультимедийного трафика реальных систем онлайн-вещания [2]. В результате было установлено, что функция распределения величины потока может быть представлена нормальным законом распределения. Кроме того величину битрейта можно представить в виде нормального закона распределения с ограниченной областью рассеяния [5, гл. 2].

Используем разработанную модель для постановки и решения задачи о перераспределении нагрузки системы онлайн-вещания между ее узлами. Задача более подробно приведена в [4].

### **3. Постановка задачи о перераспределении нагрузки системы онлайн-вещания между ее узлами**

Имеется некоторая мультимедийная сеть, состоящая из  $N$  узлов. Вместе узлы генерируют  $S$  разнородных мультимедийных потоков. К системе подключены  $U$  плееров зрителей, которые получают некоторые потоки от сети. Причем каждый плеер может быть подключен только к одному узлу. О каждом узле ( $n_i$ ) известна модель текущей нагрузки:  $n_i = \{R_{max\ i}, R_i, U_{max\ i}, U_i, S_i | i = \overline{1, N}\}$ , где  $R_{max\ i}$  и  $R_i$  — параметры исходящего канала. О каждом плееере ( $u_j$ ) известна модель текущего подключения:  $u_j = \{b_j, B_j, Y_j, K_j | j = \overline{1, U}\}$ . Известно, что некоторый узел  $n_o$  перегружен по загрузке исходящего канала. Также известна величина перегрузки. Необходимо проверить существует ли решение задачи освобождения на узле  $n_o$  нужного

объема ресурсов для вывода узла из состояния перегрузки. При этом остальные узлы системы не должны быть перегружены. Если такое решение существует, принять его к исполнению.

В ходе проведенного анализа возможностей систем онлайн-вещания, были установлены особенности, которые можно использовать для решения указанного типа задач. Одна из них — существование множества разнородных потоков, которые определяют «схему подключения зрителей» (связи типа «узел-поток-плеер»).

#### 4. Предлагаемые методики решения задачи

Рассмотрим две методики решения задачи о перераспределении нагрузки системы онлайн-вещания между ее узлами. Эти методики были предложены автором ранее в [1; 4].

**Первая методика — смена источника вещания потока для плееров зрителей.** Принцип освобождения ресурсов заключается в выборе менее нагруженных узлов и передачи им части нагрузки путем переключения нужного количества плееров зрителей с перегруженного узла.

Представим текущую схему подключения клиентов в виде бинарной матрицы  $Y = \{Y_{i,j} | i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}\}$ , размерность матрицы —  $N \times U$ . Тогда, для того, чтобы схема подключения была оптимальной, должны выполняться следующие условия:

$$\left\{ \begin{array}{l} R_{max,i} - \sum_{j=1}^U Y_{i,j} \cdot b_{i,j} \geq 0, \\ U_{max,i} - \sum_{j=1}^U Y_{i,j} \geq 0, \\ Y_{i,j} = 0, 1, i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}. \end{array} \right. \quad (2)$$

В поставленной задаче известно, что текущая схема подключения плееров  $Y$  не оптимальна по первому условию системы (2) для узла  $n_o$ . Следовательно, система онлайн-вещания не обеспечивает максимальное качество обслуживания всех клиентов. Поэтому необходимо найти новую схему подключения  $Y'$ , которая удовлетворяла бы всем условиям.

Обозначим бинарную матрицу возможных подключений как  $KB$ . Каждый элемент  $KB_{i,j}$  матрицы  $KB$  представим как:  $KB_{i,j} = \{K_{i,j} \cdot B_{i,j} | i = \overline{1, N}, j = \overline{1, U}\}$ . Матрица  $KB$  определяет множество вариантов подключения.

Анализируя матрицу  $KB$  возможных вариантов подключения необходимо найти множество решений, удовлетворяющих системе:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^U |Y_{i,j} - Y'_{i,j}| \rightarrow \min \\ R_{max,i} - \sum_{j=1}^U Y_{i,j} \cdot b_{i,j} \geq 0, \\ U_{max,i} - \sum_{j=1}^U Y_{i,j} \geq 0, \\ \sum_{i=1}^N Y'_{i,j} = 1, \\ Y'_{i,j} = \overline{0,1}, Y_{i,j} = \overline{0,1}, i = \overline{1,N}, j = \overline{1,U}. \end{array} \right. \quad (3)$$

Здесь целевая функция — минимум изменений в матрице подключений.

**Вторая методика – смена качества потока для плееров зрителей.** Под сменой качества здесь понимается переключение плеера на поток с меньшим качеством. Для описания качества потоков составим матрицу качества при текущей нагрузки:  $Q_{i,j} = \{Y_{i,j} \cdot b_{i,j} | i = \overline{1,N}, j = \overline{1,U}\}$ . В данном случае матрица  $Q$  будет также характеризовать текущее качество сервиса подключенных плееров. Матрица возможных решений  $KB$ , где каждый элемент  $KB_{i,j} = \{K_{i,j} \cdot B_j | i = \overline{1,N}, j = \overline{1,U}\}$ , включает в себя все варианты, в том числе и с потоками меньшего качества, что было недопустимо при использовании первой методики.

Анализируя матрицу  $KB$  возможных вариантов подключения необходимо найти множество решений, удовлетворяющих системе:

$$\left\{ \begin{array}{l} |q_j - q'_j| \rightarrow \min, \\ R_{max,i} - \sum_{j=1}^U Y_{i,j} \cdot b_{i,j} \geq 0, \\ U_{max,i} - \sum_{j=1}^U Y_{i,j} \geq 0, \\ \sum_{i=1}^N Y'_{i,j} = 1, \\ Y'_{i,j} = \overline{0,1}, Y_{i,j} = \overline{0,1}, i = \overline{1,N}, j = \overline{1,U}. \end{array} \right. \quad (4)$$

Здесь целевая функция — минимум изменений в матрице качества для каждого плеера зрителя ( $|q_j - q'_j| \rightarrow \min$ ).

Предложенные методики легли в основу реализованных алгоритмов “Source Change” (смена источника) и “Quality Change” (смена качества потока).

### 5. Общий алгоритм решения задачи

Решая задачу об уменьшении нагрузки, обратимся к начальным условиям. Поскольку известен перегруженный узел  $n_o$  поиск решения  $Y'$  осуществляется исходя из модели текущей нагрузки данного узла.

Величина перегрузки  $ov$  узла  $n_o$  определяется как:

$$ov = R_{max,i} - \sum_{j=1}^U Y_{i,j} \cdot b_{i,j} \mid i = n_o \quad (5)$$

**Первый этап** предлагаемого алгоритма заключается в проверке существования у системы ресурсов для перераспределения нагрузки. Для этого производится сбор и анализ информации обо всех мультимедийных узлах.

**Утверждение 1.** Вычислительная сложность первого этапа алгоритма не превышает  $O(N)$ .

**Доказательство.** Из условия задачи известно, что существует массив узлов длины  $N$ . Для проверки условий, сформированных на первом этапе, необходимо получить данные о каждом узле. Раз количество узлов равно  $N$ , то в худшем случае необходимо

осуществить  $N$  шагов цикла. Следовательно, вычислительная сложность первого этапа алгоритма не превышает  $O(N)$ . Утверждение доказано.

**Второй этап** предлагаемого алгоритма заключается в формировании упорядоченного набора  $\{y_1, y_2, \dots, y_i\}$  возможных вариантов освобождения на узле  $n_0$  нужного объема пропускной способности канала. Здесь  $i$  – количество вариантов. Варианты упорядочиваются согласно количеству плееров, участвующих в распределении ресурсов.

Каждый вариант  $y_a$  определяется на основании набора  $s^H = \{s_1, s_2, \dots, s_H\}$  разнородных потоков, передаваемых узлом  $n_0$ . Каждый вариант должен подчиняться условиям:

$$\left\{ \begin{array}{l} y_a = \sum_{h=1}^H u_{s_h} \cdot b_{s_h}, \\ y_a = ov, \\ u_{s_h} \leq U_{s_h}, \\ \sum_{h=1}^H u_{s_h} \leq U_{\text{общ}}. \end{array} \right. \quad (6)$$

где:  $u_{s_h}$  — количество плееров для потока  $s_h$ , необходимое для формирования варианта  $y_a$ ,

$b_{s_h}$  — величина потока  $s_h$ ,

$U_{s_h}$  — количество плееров, подключенных к потоку  $s_h$ ,

$U_{\text{общ}}$  — общее количество плееров, подключенных к системе.

Если  $y^a$  окажется пустым, то перераспределение нагрузки по данному алгоритму невозможно.

**Утверждение 2.** Вычислительная сложность второго этапа алгоритма не превышает  $O(u_{s_h}!)$ .

**Доказательство.** По условию задачи известно, что каждый вариант  $y_a$  освобождения на узле  $n_0$  нужной величины пропускной способности канала определяется как  $y_a = ov = \sum_{h=1}^H u_{s_h} \cdot b_{s_h}$ . Следовательно,  $y_a = u_{s_1} \cdot b_{s_1} + u_{s_2} \cdot b_{s_2} + \dots + u_{s_h} \cdot b_{s_h}$ . Предположим, что множество вариантов освобождения на узле  $n_0$  нужной величины пропускной способности канала формируется исходя из количества плееров, подключенных к потоку  $s_1$ . Тогда

$$\begin{aligned} y_1 &= u_{s_1} \cdot b_{s_1} + 0 \cdot b_{s_2} + \dots + 0 \cdot b_{s_h}, \\ y_2 &= (u_{s_1} - 1) \cdot b_{s_1} + u_{s_2} \cdot b_{s_2} + \dots + u_{s_h} \cdot b_{s_h}, \end{aligned}$$

$$y_3 = (u_{s_1} - 2) \cdot b_{s_1} + u_{s_2} \cdot b_{s_2} + \dots + u_{s_h} \cdot b_{s_h},$$

$$y_{u_{s_1}} = (u_{s_1} - u_{s_1}) \cdot b_{s_1} + \overset{\dots}{u_{s_2}} \cdot b_{s_2} + \dots + u_{s_h} \cdot b_{s_h}.$$

Следовательно, необходимо осуществить  $u_{s_1}$  шагов цикла. На каждом таком шаге необходимо рекурсивно разложить элементы  $\{u_{s_2} \cdot b_{s_2}, u_{s_3} \cdot b_{s_3}, \dots, u_{s_h} \cdot b_{s_h}\}$ , аналогично способу, приведенному для потока  $s_j$ . Следовательно, количество циклических шагов равно  $u_{s_1} \cdot u_{s_2} \cdot \dots \cdot u_{s_h}$  и равно  $u_{s_h}!$ . Следовательно, вычислительная сложность второго этапа алгоритма не превышает  $O(u_{s_h}!)$ . Утверждение доказано.

**Третий этап** работы алгоритма заключается в поиске вариантов перемещения нагрузки с узла  $n_0$  на узлы из массива  $n_i$ . Варианты из множества  $y^a$  проверяются в порядке убывания количества перемещаемых плеев. Таким образом, соблюдается условие минимума перемещений.

Каждый вариант разбивается на составные части:  $\{u_{s_1} \cdot b_{s_1}, u_{s_1} \cdot b_{s_1}, \dots, u_{s_H} \cdot b_{s_H}\}$ . Каждая часть проверяется на возможность перенесения на другие узлы без ущерба производительности конкретному узлу. В процессе проверки вариантов, фиксируются два множества — множество возможных решений  $Y_{y^a}$  и множество решений с перегрузкой  $Y_{y^a}^o$  (когда один или несколько узлов на этапе проверки становятся перегруженными).

**Утверждение 3.** Вычислительная сложность третьего этапа алгоритма не превышает  $O(y_a \cdot H \cdot N)$ .

**Доказательство.** Известно, что на втором этапе алгоритма формируется множество вариантов освобождения на узле  $n_0$  требуемой величины пропускной способности канала. Количество элементов данного множества равно  $u_a$ . Следовательно, чтобы последовательно проверить все варианты, необходимо выполнить  $u_a$  шагов цикла. Предположим, что проверяется вариант  $u_a$ . По условию задачи его можно разбить на составные части  $u_{s_1} \cdot b_{s_1} + u_{s_2} \cdot b_{s_2} + \dots + u_{s_H} \cdot b_{s_H}$ , где  $H$  – количество потоков, используемых для формирования данного варианта. Таким образом, чтобы последовательно проверить все составные части, необходимо осуществить  $H$  шагов цикла. На каждом таком шаге необходимо найти узлы, которые можно использовать для перенесения ресурсов. Для этого необходимо получить данные о каждом узле. Количество узлов равно  $N$ , так что в худшем случае необходимо осуществить  $N$  шагов вложенного цикла. В худшем случае необходимо осуществить  $y_a \cdot H \cdot N$  шагов. Таким образом,

вычислительная сложность третьего этапа алгоритма не превышает  $O(y_a \cdot H \cdot N)$ . Утверждение доказано.

**Четвертый этап** заключается в проверке возможных вариантов с перегрузкой. При этом осуществляется проверка расхождения новых вариантов с наилучшим вариантом из  $Y'_{y_a}$ , который был сформирован на предыдущих шагах. Если в ходе дальнейшего анализа варианта с перегрузкой количество перемещаемых плееров становится больше, чем у наилучшего варианта из  $Y'_{y_a}$ , то такой вариант с перегрузкой отбрасывается.

При проверке вариантов с перегрузкой узел  $n_0$  исключается из множества анализируемых узлов. Новый перегруженный узел становится узлом  $n_0$ . Шаги 1—4 повторяются для этого узла.

Если в итоге окажется, что для вариантов с перегрузкой решения нет, то выбирается наилучший вариант из  $Y'_{y_a}$ .

Если при завершении работы алгоритма множество возможных решений окажется пустым, это означает, что гипотеза о том, что существует хотя бы одно решение  $Y'$  более удачное, чем  $Y$ , неверна.

**Утверждение 4.** Вычислительная сложность четвертого этапа алгоритма не превышает  $O(Y_{y_a}^o \cdot (N + u_{s_h}! + y_a \cdot H \cdot N))$ .

**Доказательство.** На третьем этапе алгоритма формируется множество вариантов переключения с перегрузкой. Количество элементов данного множества равно  $Y_{y_a}^o$ . Следовательно, для проверки всех вариантов полным перебором необходимо осуществить  $Y_{y_a}^o$  шагов цикла. На каждом таком шаге последовательно выполняются шаги 1—3. Следовательно, необходимо осуществить  $N + u_{s_h}! + y_a \cdot H \cdot N$  шагов. Циклы — вложенные, так что необходимо осуществить  $Y_{y_a}^o \cdot (N + u_{s_h}! + y_a \cdot H \cdot N)$  шагов. Таким образом, вычислительная сложность четвертого этапа алгоритма не превышает  $O(Y_{y_a}^o \cdot (N + u_{s_h}! + y_a \cdot H \cdot N))$ . Утверждение доказано.

Предложенные описания легли в основу реализованных программных алгоритмов “Source Change” и “Quality Change”.

## **6. Апробация предлагаемых решений**

В качестве апробации реализованных алгоритмов “Source Change” и “Quality Change” был проведен их сравнительный анализ с алгоритмом «Least Connection» (наименьшее количество подключений), который часто используется в традиционной практике для распределения заявок клиентов по узлам сети. Результаты сравнения приведены в табл. 1. Сравнение производилось по количеству одновременно подключенных плееров зрителей.

Таблица 1.

Сравнение алгоритмов “Source Change”, “Quality Change”, “Least Connection”

№	Стример/ Репликатор (кол-во узлов)	Ретранслятор (кол-во узлов)	Потоки (кол-во)	Относительная эффективность	
				Source Change/ Least Connection	Quality Change/ Least Connection
1	4	2	12	1 %	7%
2	7	5	18	2 %	29 %
3	12	15	28	1 %	4 %
4	10	10	30	1 %	17 %
5	10	20	30	3 %	6 %
6	15	20	40	1 %	8 %
7	20	50	50	3 %	8 %
8	15	30	50	3 %	5 %
9	15	50	50	5 %	4 %
10	20	30	60	3 %	27 %
11	20	40	60	3 %	40 %
12	20	5	70	0 %	32 %
13	25	10	80	0 %	6 %
14	25	20	80	2 %	15 %
15	25	30	80	2 %	11 %
16	25	15	90	2 %	9 %
17	25	10	90	1 %	19 %
18	35	40	100	4 %	14 %
19	30	20	100	1 %	20 %
20	30	30	100	3 %	16 %
21	40	30	120	4 %	27 %
22	70	50	180	5 %	38 %
Среднее значение				2 %	17 %

В среднем алгоритм “Source Change” позволяет увеличить количество подключенных клиентов на 2 %, алгоритм “Quality Change” на 17 % по сравнению с традиционным “Least Connection” при условии, что система вещает хотя бы из двух точек и количество потоков разного качества для каждой такой точки больше одного. Таким образом, предлагаемые методики и алгоритмы могут использоваться для реальных систем онлайн-вещания как для повышения их эффективности, так и для увеличения количества одновременно подключенных плееров зрителей.

### **Список литературы:**

1. Манакова И.П. Алгоритм управления ресурсами сетей RTMCDN // *Фундаментальные исследования*. — 2014. — № 11 (часть 12). — С. 2593—2598.
2. Манакова И.П. Анализ видео-трафика систем раздачи мультимедийного контента реального времени // *Апробация*, — № 10(25), — 2014 г. — С. 18—24.
3. Манакова И.П., Прохоров В.В. Построение Интернет-видеосистем в условиях существенно ограниченной пропускной способности каналов связи // *Аграрный вестник Урала* — № 3(133), — 2015. — С. 34—38.
4. Манакова И.П. Об управлении загрузкой исходящих каналов сети RTMCDN во время перегрузок. Технические науки — от теории к практике: сб. ст. по материалам XXXVI междунар. научн.-практ. конф. № 7 (32) // Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. — С. 30—42.
5. Поршнев С.В., Овечкина Е.В., Каплан В.Е. Теория и алгоритмы аппроксимации эмпирических зависимостей и распределений. Екатеринбург: УрО РАН, 2006. — 166 с.
6. Прохоров В.В., Манакова И.П. Модель системы раздачи мультимедийных потоков // *Фундаментальные исследования*. — 2014. — № 8 (часть 2). — С. 311—316.

## **ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ОС И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ**

***Орлов Андрей Геннадьевич***

*студент Севастопольского государственного университета,  
РФ, г. Севастополь  
E-mail: [orel777@mail.ru](mailto:orel777@mail.ru)*

***Моисеев Дмитрий Владимирович***

*канд. техн. наук, доцент  
Севастопольского государственного университета,  
РФ, г. Севастополь*

***Чужикова Ольга Дмитриевна***

*преподаватель Севастопольского государственного университета,  
РФ, г. Севастополь*

# PROBLEMS AND SOLUTIONS OF DESIGN MODERN OS

**Andrey Orlov**

*student of Sevastopol State University,  
Russia, Sevastopol*

**Moiseev Dmitry**

*Ph.D., Associate Professor of Sevastopol State University,  
Russia, Sevastopol*

**Chuzhikova Olga**

*lecturer of Sevastopol State University,  
Russia, Sevastopol*

## АННОТАЦИЯ

Цель данной статьи рассмотреть существующие проблемы при проектировании современных ОС. Проанализировать пути решения данных проблем в ближайшее десятилетие.

## ABSTRACT

The purpose of this article to review the existing problems in the design of modern operating systems. To explore ways to address these issues in the next decade.

**Ключевые слова:** операционные системы; фрагментация; API.

**Keywords:** operating systems; fragmentation; API.

## Введение

Первые операционные системы появились ещё в XX веке, развиваясь от простых DOS-систем до современных семейств Windows NT и UNIX-подобных ОС. Несмотря на кажущиеся различие современные ОС крайне схожи между собою, как в принципах внутреннего функционирования, так и в способах взаимодействия с пользователем.

### 1. анализ рынка операционных систем

Для того, чтобы приступить к анализу тех тенденций, которые наблюдаются у современных ОС, стоит проанализировать структурный и количественный разброс различных ОС на мировом IT-рынке.

В основном для оценки той или иной ОС повсеместно применяется процедура, основанная на перехвате данных об ОС из браузера, который на ней установлен. Так согласно аналитике сайта,

W3Schools можно составить диаграммы развития рынка OS с 2009 по 2015 год.



**Рисунок 1. Доли различных ОС**

Как хорошо видно из рисунка 1, на протяжении последних лет наблюдается рост рынка мобильных ОС таких как: iOS, Windows Phone, Android. В основном крупные компании-производители ОС для ПК занимают достаточно небольшую долю в секторе ОС для мобильных платформ. Связанно это прежде всего с трудностями адаптации программных решений, разработанных для ПК на мобильные платформы. Доля «мобильных» ОС представлена в таблице 1.

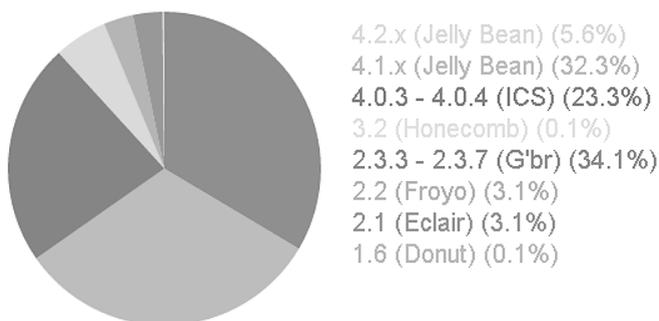
**Таблица 1.**

**Доли мобильных ОС**

2015 год	Доля от всего рынка ОС	iOS	Android	Windows Phone	Другие ОС
Март	4,98 %	1,10 %	3,08 %	0,54 %	0,26 %
Февраль	5,01 %	1,27 %	2,93 %	0,49 %	0,32 %
Январь	5,00 %	1,31 %	2,88 %	0,46 %	0,35 %

## 2. фрагментация мобильных ос

Современные мобильные устройства выпускаются с различными размерами экранов и наборами устройств. Кроме того, на рынке мобильных ОС много разных версий различных ОС, которые одновременно активны в настоящий момент, что увеличивает фрагментацию. Это влечет к тому, что разработка приложений, которые смогут работать на всех выпущенных устройствах, может стать чрезвычайно сложной и трудоемкой задачей. Примером может служить фрагментация ОС Android на рисунке 2.



*Рисунок 2. Фрагментация ОС Android*

## 3. анализ проблем при разработке ос

В целом все проблемы, связанные с разработкой современных ОС можно свести к противопоставлению двух концепций: специализированных и универсальных ОС. При этом ни одна из современных ОС в чистом виде не относится к той или другой концепции. Это связано с разными нишами соответствующих ОС на общем IT-рынке. Между тем можно выделить две стратегии при разработке ОС:

1. Стремление к созданию единой версии ОС для разных типов устройств.
2. Увеличение кол-ва устройств, работающих на единой ОС в пределах одного вида устройств.

Компании такие как Microsoft и Apple пользуются первой стратегией, в то время как корпорации Google использует вторую стратегию.

Выбор первой стратегии предусматривает в свою очередь создание единого API пространства для различных платформ. Между тем такая универсальность имеет 3 существенных недостатка:

1. Техническая сложность стандартизации такого API.

2. Фактическая невозможность стандартизации устройств с предыдущей версией ОС.

3. Огромная избыточность ОС.

Можно заметить, что подобная концепция нашла своё отражение в существующей «экосистеме» Apple и новой операционной системе Windows 10. Между тем стоит отметить, что если 1-й и 2-й недостатки данной стратегии могут быть исправлены с течением времени, то 3-й недостаток является принципиальным и неразрешимым не только для области ОС, но и для всей ИТ-индустрии в целом. Для второй стратегии характерна проблема с фрагментацией ОС и опять же с избыточностью самой ОС внутри мобильного семейства устройств.

#### **4. адаптивные ос**

Автономная (Адаптивная) компьютерная система — компьютерная система, описанная компанией IBM в 2001 г. и соответствующая следующим критериям:

1. Знание системы о своих собственных функциях и ресурсах.

2. Автономная возможность системы к переконфигурации без помощи человека.

3. Самооптимизация работы системы.

4. Возможность системы выявлять ошибку в том случае, если переконфигурация невозможна.

5. Система должна быть способной защитить сама себя. Она должна быть способна обнаружить, идентифицировать и защититься от различного рода негативных внешних воздействий для сохранения системной стабильности.

6. Система должна получать информацию о внешней среде, особенно в контексте её собственной деятельности и действовать соответственно, что и означает быть адаптивной.

7. Система является открытой системой.

8. Система прячет внутреннюю сложность предоставляемых ресурсов. Это необходимо для уменьшения разрыва между требованиями пользователя, логики (программной части) и технологической реализации системы.

Реализация адаптивно-подобной архитектуры ОС может решить фундаментальные проблемы при разработке ОС ближайших десятилетий. На этапе внедрения ОС на конкретное устройство отпадёт необходимость в переконфигурации ОС. Общая универсальность такой системы хоть и будет затратной по отношению к аппаратным ресурсам между тем, сможет крайне эффективно их использовать к каждому конкретному случаю. Ещё одним преимуществом является крайне трудная возможность вирусной или шпионской типизиро-

ванной атаки на подобную систему, по причине нетипизированности составных элементов системы. Однако вполне очевидно, что создание саморазвивающихся вирусов не будет давать полной защиты для таких ОС.

### **Выводы**

Во-первых, конкурентная борьба на рынке ОС и фрагментация всего IT-рынка привела к росту финансовых издержек на разработку классических ОС.

Во-вторых, спрос на высокопроизводительные, дешёвые и универсальные ОС подрывает саму идею универсальности классических ОС, что отражается в стремлении ключевых игроков внедрять более интеллектуальные и саморегулирующиеся подсистемы.

В-третьих, неизбежность внедрения адаптивных ОС заключается в их экономической выгоды с одной стороны и стремлением крупного бизнеса снизить издержки на продукцию с другой. Нахождение точки равновесия в цене и будет определять уровень адаптивности подобных ОС в будущем.

### **Список литературы:**

1. Bic, Lubomur F.; Shaw, Alan C. (2003). Operating Systems. Pearson: Prentice Hall.
2. Deitel, Harvey M.; Deitel, Paul; Choffnes, David. Operating Systems. Pearson/Prentice Hall. ISBN 978-0-13-092641-8.
3. Leva, Alberto; Maggio, Martina; Papadopoulos, Alessandro Vittorio; Terraneo, Federico (2013). Control-based Operating System Design. IET. ISBN 978-1-84919-609-3.
4. Silberschatz, Avi; Galvin, Peter; Gagne, Greg (2008). Operating Systems Concepts. John Wiley & Sons. ISBN 0-470-12872-0.

**СОРАСОВАНА.  
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И РЕАЛИЗАЦИИ**

***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)*

**СОРАСОВАНА.  
THE FEATURES OF DESIGN AND REALIZATION**

***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 рассмотрена разработка и реализация суперкомпьютера Сорасобана, который может использоваться для надежной оценки безопасности криптографических алгоритмов, таких как RSA and ECC.

## ABSTRACT

This paper reviews the design and realization of the Soracobana machine, which can be used for a reliable security estimation of cryptosystems such as RSA and ECC.

**Ключевые слова:** ППВМ; криптоаналитическое устройство; надежность криптографических алгоритмов.

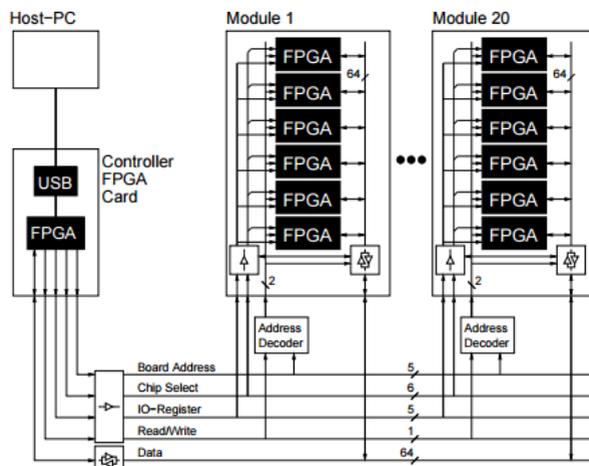
**Keywords:** FPGA; cryptanalytical machine; cryptographic algorithms' reliability.

Все современные применяющиеся на практике шифры, будь то симметричные или ассиметричные, используют параметры безопасности, которые защищают их от атак с компьютеров. В зависимости от маржи безопасности, выбранной в данном приложении, многие шифры потенциально уязвимы для атак спецтехники, которая имеет соотношение цена-качество на несколько порядков лучше, чем в современных компьютерах. В данной статье описывается конструкция и успешная реализация прототипа криптоаналитического устройства специального назначения на базе недорогих ППВМ (программируемая пользователем вентиляционная матрица).

Сорасобана — массово-параллельное устройство, основанное на ППВМ. Оборудование подходит для вычислительных задач, которые являются параллелизуемыми и имеют низкие требования к связи и может использоваться, например, для атаки на крипто-системы на основе эллиптических кривых. Даже, несмотря на то, что нарушение алгоритмов RSA (1024 бит или больше) или ECC (160 бит или больше) находится вне досягаемости Сорасобана, оно предусматривает возможность для надежной оценки безопасности RSA и ECC. Еще более актуальным является тот факт, что ограниченные ресурсы приложений, в частности мобильных устройств, иногда определяются короткими параметрами, такими как 112-битные и 128-битные систем ECC, рекомендованные стандартом SECG, которые становятся уязвимыми в устройстве. Кроме того, по закону Мура, можно предсказать надежность RSA и ECC в ближайшие годы. Текущие реализации базового контроля доступа применяют симметричную криптографию (Triple DES) и генерируют соответствующие ключи шифрования и аутентификации из паспортных данных.

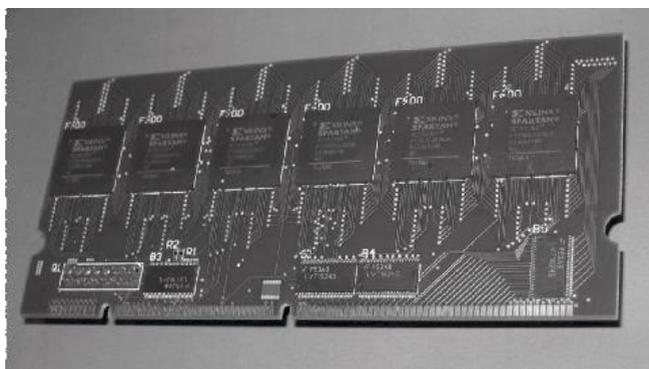
Оптимизированный по стоимости параллельный дешифровщик (Сорасобана) состоит из множества независимых недорогих ППВМ, подключенных к центральному компьютеру через стандартный интерфейс, например, USB или Ethernet. Кроме того, такой стандартный интерфейс позволяет легко расширить центральный компьютер более чем одним устройством Сорасобана. Запуск ППВМ, контроль и накопление результатов производится центральным компьютером. Поскольку крипто-аналитические приложения требуют большое количество вычислительной мощности, специальная платформа объединяет вплоть до 120 ППВМ (Spartan3-1000). Построение системы такого размера с коммерчески доступными платами ППВМ, конечно, возможно, но очень дорого. Поэтому разработчики Сорасобана решили спроектировать и создать собственное оборудование. Реализация оптимизированного по стоимости проекта стала возможной только путем строго ограничения всех функциональных возможностей до непосредственно необходимых для взлома кодов, чтобы сделать несколько вариантов на основе легкодоступных компонентов и интерфейсов. Конструкция Сорасобана изображена на рисунке 1 и состоит из:

- ППВМ модулей для фактической реализации представленных аппаратных архитектур,
- системной платы, соединяющей все модули ППВМ с общей шиной данных, шиной адреса и питания,
- платы контроллера, подключающей шину данных и адресную шину к хост-компьютеру через USB.



*Рисунок 1. Архитектура Сорасобана*

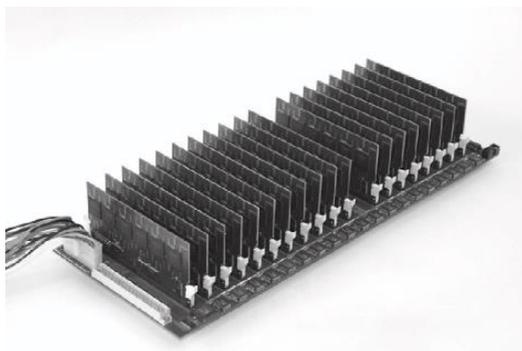
Модули ППВМ: Было решено использовать недорогие, современные ППВМ для проектирования: Xilinx Spartan3-1000. Данная ППВМ имеет 1 миллион системных портов, 17280 эквивалентных логических ячеек, 1920 конфигурируемых логических блоков, эквивалентных 7680 секторам, 120 килобит динамической оперативной памяти, 432 килобита блочной оперативной памяти и 4 цифровых блока управления синхронизацией. Выбор данной ППВМ был сделан путем сравнения размеров и цены различных типов и серий ППВМ. Разработчики решили остановиться на небольших модулях в стандартном формате двустороннего модуля памяти, включающих в себя 6 ППВМ Xilinx XC3S1000. Рисунок 2 показывает эту реализацию на примере сделанной вручную четырехслойной печатной платы. ППВМ непосредственно соединены с общей 64-битной шиной данных на плате модуля ППВМ, который сопряжен с шиной данных соединительной платы через приемопередатчики с тремя состояниями выхода. В то время как ППВМ отключены от шины, они могут взаимодействовать локально через внутреннюю 64-битную шину на двустороннем модуле памяти. Данный формат двустороннего модуля памяти позволяет осуществить компактное расположение компонентов, что очень важно для тесно связанных шиной модулей.



**Рисунок 2. Модуль ППВМ**

Соединительная плата: соединительная плата связывает все модули ППВМ и плату контроллера. Все модули соединены 64-битной шиной данных и 16-битной адресной шиной. Одну такую мастер-шину легко контролировать, так как не требуется система разрешения конфликтов. Обработка прерываний полностью избегается для того чтобы сохранить максимально простую конструкцию. Если распре-

деление передачи данных заранее неизвестно, мастер-шине нужно будет опрашивать ППВМ. Кроме того, питание подается на каждый модуль ППВМ и интерфейс контроллера. Соединительная плата распределяет два тактовых сигнала от платы контроллера к слотам. Каждому модулю ППВМ присваивается уникальный аппаратный адрес, который создается с помощью типовой матричной логики, подключенной к каждому разъему DIMM. Таким образом, все ядра ППВМ могут иметь одинаковую конфигурацию и все модули ППВМ могут иметь одинаковую топологию. Они могут быть легко заменены в случае дефекта. На рисунке 3 показан прототип соединительной платы, оснащенной одним модулем ППВМ и платой интерфейса системы управления, которая будет описана далее.



*Рисунок 3. Соединительная плата*

Интерфейс управления: Передача данных от и до ППВМ и к хост-компьютеру осуществляется интерфейсом управления. Была выбрана небольшая макетная плата с ППВМ (CESYS USB2FPGA). Макетная плата включает в себя Xilinx XC2S200 Spartan II FPGA (PQ208), встроенный контроллер USB (CYPRESS FX-2) и 1 Мбайт статической памяти с произвольным доступом (SRAM). Кроме того, плата имеет 96-контактный разъем для подключения к ней. В более поздних версиях конструкции можно заменить макетную плату ППВМ микроконтроллером со стандартным USB или интерфейсом Ethernet. Аппаратный контроллер должен обеспечивать согласование различных тактовых частот: интерфейс USB использует тактовую частоту 24 МГц, базовая плата — 33 МГц, а сам контроллер работает на внутренней тактовой частоте 133 МГц. Главные задачи интерфейса управления заключаются в том, что он используется для декодирования и выполнения команд хоста, полученных с помощью USB, для

программирования ППВМ через шину данных в параллельном подчиненном режиме, для инициализации ППВМ и старта вычислений, и регулярного опроса ППВМ для получения результатов.

Хост-компьютер: объектом верхнего уровня Сорасобана является хост-компьютер, который используется для программирования и управления всеми работающими ППВМ. Для этого была написана библиотека программ, чтобы давать команды плате контроллера Сорасобана, которая подключена через USB. Все программы системного программного обеспечения основаны на библиотеке с закрытым исходным кодом, предоставленной производителем платы (CESYS). Дополнительные функции включают в себя обнаружение аппаратных средств и некоторые процедуры настройки, такие как перезапуск соединительной платы. Функции более высокого уровня включают в себя команды на прикладном уровне. Например, для DES Cracker, можно хранить определенный исходный текст в единицах DES, проверять его статус, и т. д.

В данной работе был описан проект экономически-эффективного устройства Сорасобана, которое может быть реализовано менее чем за 10000 долларов и содержать 120 недорогих ППВМ. Оно было предназначено для решения проблем шифрования, но не ограничивается этим. Будут существовать более интересные проблемы, которые могут быть эффективно решены с помощью этого устройства.

### **Список литературы:**

1. Sandeep Kumar, Christof Paar, Jan Pelzl , Gerd Pfeiffer, Manfred Schimmler «Breaking ciphers with COPACOBANA — a cost-optimized parallel code breaker», Chair for Embedded Security Ruhr-University Bochum, Germany; Electrical Department of the University of Kiel, Germany, 2006.

## **КВАНТОВОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ КЛЮЧЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПАРЕННЫХ КУБИТОВ**

***Кротова Елена Львовна***

*канд. физ.-мат. наук, доцент Пермского национального  
исследовательского политехнического университета,  
РФ, г. Пермь*

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

***Абдулов Дмитрий Игоревич***

*студент Пермского национального исследовательского  
политехнического университета,  
РФ, г. Пермь*

*E-mail: [dmitry.igorevich.one@gmail.com](mailto:dmitry.igorevich.one@gmail.com)*

***Андреев Роман Александрович***

*студент Пермского национального исследовательского  
политехнического университета,  
РФ, г. Пермь*

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

***Бадртдинов Артём Сергеевич***

*студент Пермского национального исследовательского  
политехнического университета,  
РФ, г. Пермь*

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

***Салимзебаров Эльдар Дамирович***

*студент Пермского национального исследовательского  
политехнического университета,  
РФ, г. Пермь*

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

***Феофилова Полина Андреевна***

*студент Пермского национального исследовательского  
политехнического университета,  
РФ, г. Пермь*

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

# QUANTUM KEY DISTRIBUTION USING QUBIT PAIRS

***Krotova Elena***

*candidate of physical and mathematical sciences, docent  
of Perm National Research Polytechnic University,  
Russia, Perm*

***Abdulov Dmitry***

*student of Perm National Research Polytechnic University,  
Russia, Perm*

***Andreev Roman***

*student of Perm National Research Polytechnic University, Russia, Perm*

***Badrtidinov Artem***

*student of Perm National Research Polytechnic University,  
Russia, Perm*

***Salimzebarov Eldar***

*student of Perm National Research Polytechnic University,  
Russia, Perm*

***Feofilova Polina***

*student of Perm National Research Polytechnic University,  
Russia, Perm*

## АННОТАЦИЯ

Модификация протокола квантового распределения ключей (КПК) BB84, обеспечивающая дополнительный слой безопасности. Один из спаренных кубитов используется для генерации секретного ключа, а другой для генерации вспомогательного ключа.

## ABSTRACT

The modification of quantum key distribution (QKD) protocol BB84, which provided an additional layer of security. One qubit from the qubit pair is used to generate a secret key, and the other to generate an auxiliary key.

**Ключевые слова:** распределение ключей; квантовая криптография.  
**Keywords:** key distribution; quantum cryptography.

Квантовая криптография зародилась в 1984 году, когда был разработан первый протокол квантового распределения ключей, названный BB84 [1]. Его идея заключается в генерации секретного ключа между двумя удаленными участниками, традиционно называемыми Алисой и Бобом, при помощи квантового канала. Затем этот секретный ключ может быть использован в отправке зашифрованных сообщений через так называемый шифр Вернама [7], или схему одноразовых блокнотов. Шифр Вернама, как было доказано, безопасен при условии, что один общий ключ используется только один раз.

В принципе было доказано, что BB84 на сто процентов безопасен [6]. Тем не менее, после реализации в реальной жизни с несовершенными источниками и детекторами было успешно продемонстрировано несколько атак на коммерческие системы КРК [2], [4], [8].

В традиционной схеме BB84, Алиса отправляет поток одиночных кубитов Бобу который в конечном счете приводит к генерации секретного ключа. Здесь рассматривается схема КРК, в которой Алиса посылает Бобу поток пар кубитов. Показывается, что эта схема привносит дополнительную особенность в стандартный протокол BB84, которая должна сделать его более сложным для взлома. Следует отметить, что протоколы КРК с использованием спаренных кубитов также были предложены ранее [5].

#### **Алгоритм работы BB84**

- Алиса отправляет Бобу одиночные кубиты в одном из следующих состояний:  $|0\rangle$ ,  $|1\rangle$ ,  $|+\rangle$  и  $|-\rangle$ , где  $|\pm\rangle = \frac{|0\rangle \pm |1\rangle}{\sqrt{2}}$ .
- Боб располагает двумя анализаторами: один распознает  $x$ -базис, другой —  $z$ . Для каждого фотона Боб случайно выбирает один из анализаторов и записывает базис и результат измерений.
- Боб открыто сообщает Алисе использованные для каждого кубита базисы.
- Алиса открыто сообщает Бобу, в каких базисах отправлялись кубиты.
- Если базисы совпали, кубит оставляют, если же нет, его отбрасывают.
- Данные интерпретируются как двоичная последовательность в соответствии со схемой кодирования  $|0\rangle_x = 0$ ,  $|1\rangle_x = 1$ ,  $|+\rangle_z = 1$ ,  $|-\rangle_z = 0$ .
- Алиса объявляет результаты некоторых ее измерений. Боб проверяет идентичность результатов.

- Если расхождений нет, оставшаяся часть двоичной последовательности рассматривается как новый ключ, идентичный для Алисы и Боба.

### Новое КРК с использованием пар кубитов

В новой схеме Алиса посылает Бобу пары кубитов, находящиеся в одном из состояний:

$$\begin{aligned}
 &|1\rangle_1|1\rangle_2, \\
 &|0\rangle_1|0\rangle_2, \\
 &\frac{1}{\sqrt{2}}(|+\rangle_1|+\rangle_2 + |-\rangle_1|-\rangle_2), \\
 &\frac{1}{\sqrt{2}}(|+\rangle_1|-\rangle_2 + |-\rangle_1|+\rangle_2),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $|\pm\rangle_i = \frac{|0\rangle_i \pm |1\rangle_i}{\sqrt{2}}$ . Биты ключа Алисы следующие:

$$\begin{aligned}
 &|1\rangle_1|1\rangle_2 \rightarrow 1, \\
 &|0\rangle_1|0\rangle_2 \rightarrow 0, \\
 &\frac{1}{\sqrt{2}}(|+\rangle_1|+\rangle_2 + |-\rangle_1|-\rangle_2) \rightarrow 0, \\
 &\frac{1}{\sqrt{2}}(|+\rangle_1|-\rangle_2 + |-\rangle_1|+\rangle_2) \rightarrow 1.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Кроме того, она называет первые два состояния z-базисом, а оставшиеся два x-базисом.

Боб использует один кубит для секретного ключа и один для вспомогательного ключа. Для создания секретного ключа он случайным образом измеряет x-базис или z-базис кубита. Для вспомогательного ключа он измеряет только x-базис. Для результатов измерений его секретного ключа он использует следующие обозначения для значений битов ключа:

$|1\rangle \rightarrow 1, |0\rangle \rightarrow 0, |+\rangle \rightarrow 1, |-\rangle \rightarrow 0$ . Для вспомогательного ключа:  $|+\rangle \rightarrow 1, |-\rangle \rightarrow 0$ , если он измерял x-базис для секретного ключа;  $|+\rangle \rightarrow 0, |-\rangle \rightarrow 0$ , если он измерял z-базис.

Алиса и Боб открыто объявляют базисы их секретных ключей и отбрасывают те кубиты, базисы которых не совпали. Различные результаты измерений для оставшихся случаев, в которых базисы

совпали, будут коррелироваться следующим образом. Если Алисы посылает z-базис, секретные ключи Алисы и Боба будут идентичны. Если Алиса посылает x-базис, секретные ключи Алисы и Боба будут идентичны, если бит вспомогательного ключа равен 0; секретные ключи Алисы и Боба будут различаться, если бит вспомогательного ключа равен 1.

**Таблица 1.**

**Результат последовательности из 15 кубитов (базисы совпадают)**

Базис	Алиса	Боб				
	Бит ключа	Секретное состояние	Бит ключа	Всп. состояние	Всп. бит	Секретный + всп.
x	0	-	0	-	0	0
z	1	1	1	+	0	1
x	1	-	0	+	1	1
x	0	-	0	-	0	0
z	1	1	1	-	0	1
x	0	-	0	-	0	0
z	0	0	0	+	0	0
z	0	0	0	-	0	0
x	1	-	0	+	1	1
z	1	1	1	-	0	1
z	1	1	1	+	0	1
x	0	-	0	-	0	0
z	0	0	0	-	0	0
x	0	+	1	+	1	0
x	1	-	0	+	1	1

Таким образом, для отправленной последовательности пар кубитов, биты секретных ключей Алисы и Боба будут идентичны, если соответствующий вспомогательный бит равен 0. Биты секретных ключей Алисы и Боба не будут совпадать в случаях, когда вспомогательный бит равен 1. Так, Бобу нужно просто сложить его последний вспомогательный ключ с секретным по модулю 2. Результат типичной последовательности пар кубитов показан в таблице 1.

Для корректного поиска вспомогательного ключа, злоумышленнику необходимо знать каждый из двух кубитов, использованных для вспомогательного ключа каждой пары, что является невозможным. Если мы предположим, что злоумышленник способен правильно

угадать каждый из двух кубитов, использованных для вспомогательного ключа, то он может просто измерить  $x$ -базис каждого кубита и сгенерировать правильный вспомогательный ключ без ведома Боба. Тем не менее, даже если это случится, тайна связи все так же поддерживается стандартом BB84.

Представлена схема КПК, в которой Алиса посылает пары кубитов Бобу в четырех возможных состояниях. Боб случайно выбирает один кубит для создания секретного ключа, а другой для создания вспомогательного ключа. Вспомогательный ключ должен быть добавлен к секретному ключу Боба, для того чтобы получить корректный общий ключ.

Работа злоумышленника будет сильно усложнена, так как он должен будет определить для каждой пары кубитов, использующихся при коммуникации, какие частицы Боб собирает использовать для секретного ключа, а какие для вспомогательного. Даже если злоумышленник совершит этот практически недостижимый подвиг, ему все еще нужно будет взломать BB84.

### **Список литературы:**

1. Bennett C.H., Brassard G. Quantum Cryptography: Public Key Distribution and Coin Tossing // Int. Conf. on Computers, Systems and Signal Processing 1984 — P. 175—179.
2. Fung C.-H.F., et al. Phase-Remapping Attack in Practical Quantum-Key-Distribution Systems // Physical Review A, 75, Article ID: 32314 2010.
3. Mohd A.S., Tabish Q. Quantum Key Distribution with Qubit Pairs // Journal of Quantum Information Science 2014, 4 — P. 129—132.
4. Qi B., et al. Time-Shift Attack in Practical Quantum Cryptosystems // Quantum Information Computation, 7 2007 — P. 73—82.
5. Shaari J.S., Lucamarini M. and Wahiddin M.R.B. Deterministic Six States Protocol for Quantum Communication // Physics Letters A, 358 2006 — P. 85—90.
6. Shor P.W. and Preskill J. Simple Proof of Security of the BB84 Quantum Key Distribution Protocol // Physical Review Letters 2000 — P. 441—444.
7. Vernam G. Cipher printing telegraph systems for secret wire and radio telegraphic communications // J. Am. Institute of Electrical Engineers — 1926. — Vol. XLV — P. 109—115.
8. Xu F., Qi B. and Lo H.-K. Experimental Demonstration of Phase-Remapping Attack in a Practical Quantum Key Distribution System // New Journal of Physics, 12, Article ID: 113026 2010.

## СЕКЦИЯ 2.

### МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

#### РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ТРЕХМЕРНЫХ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ УСП

*Капранов Александр Евгеньевич*

*магистрант Арзамасского политехнического института (филиала)  
Нижегородского государственного технического университета,  
РФ, г. Арзамас*

*Прис Наталья Михайловна*

*канд. техн. наук, доцент Арзамасского политехнического института  
(филиала) Нижегородского государственного  
технического университета,  
РФ, г. Арзамас  
E-mail: [pris@apingu.edu.ru](mailto:pris@apingu.edu.ru)*

#### DEVELOPMENT OF A LIBRARY OF THREE-DIMENSIONAL PARAMETER-ORIENTED MODEL OF MODULAR DEVICES PARTS

*Alexander Kapranov*

*bachelor of API (branch of) NSTU,  
Russia, Arzamas*

*Natalie Pris*

*candidate of Technical Sciences, Associate Professor of API (branch of) NSTU,  
Russia, Arzamas*

#### АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрен алгоритм создания библиотеки трехмерных параметрических моделей деталей универсально-сборных приспособлений. Их использование в процессе проектирования

станочных приспособлений позволит сократить временные затраты инженера-конструктора по технологической оснастке.

#### ABSTRACT

The article is dedicated to algorithm of creating a library of three-dimensional parameter-oriented model of parts of modular devices. Their use in the design of machine tools will reduce the time the design engineer spends on a jigging.

**Ключевые слова:** универсально-сборные приспособления; параметрическая модель; библиотека объемных трехмерных моделей.

**Keywords:** universal and combined widget; parameter-oriented model; a library of three-dimensional volume models.

Важнейшей стадией технологической подготовки производства является проектирование технологической оснастки. В условиях мелкосерийного производства наибольшее распространение получили универсально-сборные приспособления (УСП).

Универсально-сборные приспособления собираются по мере необходимости из заранее изготовленных стандартных составных частей. После обработки партии заготовок из них собираются новые конструкции, которые затем используют для обработки другой партии заготовок. Элементы системы УСП находятся в постоянном обращении в течение всего срока службы (до 25 лет). Насыщенность комплекта УСП деталями определяет его мощность, т. е. число приспособлений, которое можно собрать из комплекта в течение года.

Традиционное проектирование приспособлений УСП ведется при помощи эскизов и чертежей, т. е. на основе плоской пространственной компоновки, что приводит к снижению производительности и увеличению трудоемкости процесса сборки.

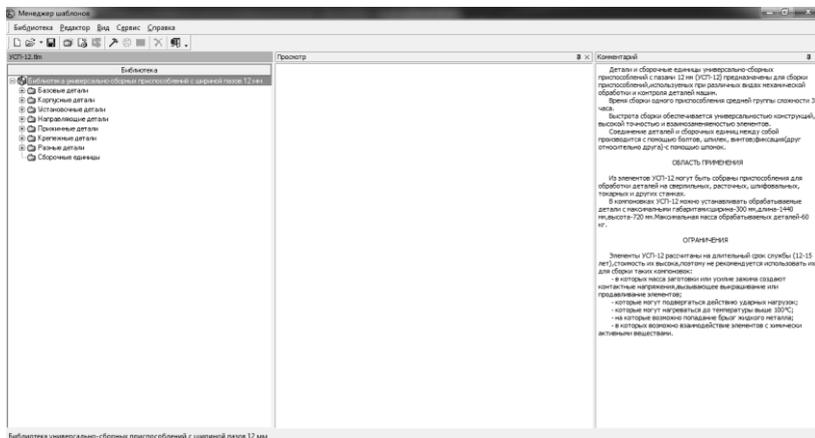
В настоящее время повышение эффективности применения систем УСП возможно за счет автоматизации проектирования с применением современных информационных технологий.

С целью автоматизации процесса проектирования технологической оснастки в АПИ НГТУ на кафедре «Технология машиностроения», по чертежам каталога была создана библиотека параметрических объемных моделей деталей комплекта УСП-12. Библиотека выполнена в стандартном приложении Компас «Менеджер шаблонов».

Детали в библиотеке распределены по группам в следующих пропорциях:

1. Базовые...0,5—1 %
2. Корпусные...14—15 %

3. Установочные...20—22 %
4. Направляющие...3—4 %
5. Прижимные...4—5 %
6. Крепежные...51—53 %
7. Разные...4—5 %
8. Сборочные единицы...0,5—1 %

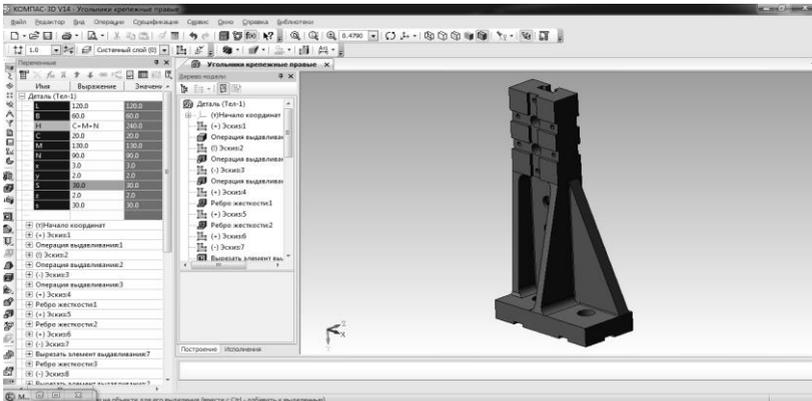


**Рисунок 1. Общий вид библиотеки УСП-12**

Отличие параметрической модели от обычной заключается в том, что каждый размер детали задан определенным буквенным параметром. Изменение числового значения этого параметра приводит к изменению размеров, а возможно и формы модели детали. После введения числовых значений меняющихся параметров деталь автоматически перестраивается.

Рассмотрим процесс добавления элемента УСП в библиотеку шаблонов на примере корпусной детали, в частности угольника крепежного правого, вычерченного по каталогу. Все угольники имеют стандартные размеры пазов, отверстий, шаги между ними и т. д. в соответствии с ГОСТ 31.111.41-93. ГОСТ не регламентирует количество пазов и габаритные размеры угольников. Конструктор выбирает их самостоятельно, в зависимости от решаемой задачи.

Для того чтобы добавить угольник в библиотеку шаблонов, необходимо создать его трехмерную модель в программе Компас-3D по чертежу каталога (рисунок 2). После этого всем основным параметрам (переменным) конструктор присваивает буквенные обозначения.



**Рисунок 2. Параметрическая модель правого крепежного угольника**

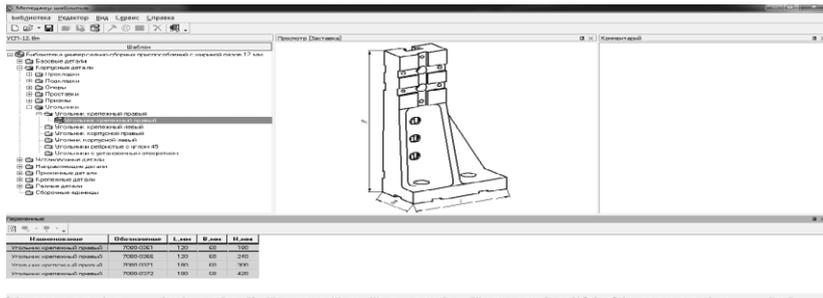
Далее создается таблица Excel для детали «Угольник правый крепежный», в которую записываются все его переменные и их значения. Для угольника крепежного правого в каталоге УСП представлено 4 конфигурации, отличающиеся габаритными размерами, количеством пазов и крепежных отверстий, а также шагом между ними. Все эти конфигурации так же заносятся в таблицу (рисунок 3).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	Обозначение	L, мм	B, мм	H, мм	C, мм	M, мм	N, мм	K, мм	Y, мм	S, мм	Z, мм	5	VIEW
3	Наименование	CONDITON	CONDITON	CONDITON	CONDITON	False	False	False	False	False	False	TRUE	DEF
4	True	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	STRING
5	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	Const	STRING
6													DROPODOWN
7	Угольник крепежный правый	7080-0361	120	60	180	20	100	60	2	1	30	2	30
8	Угольник крепежный правый	7080-0366	120	60	240	20	130	90	3	2	30	2	30
9	Угольник крепежный правый	7080-0371	180	60	300	20	160	120	4	2	60	3	30
10	Угольник крепежный правый	7080-0372	180	60	420	20	280	120	4	2	60	3	60
11													Слп
12													Слп
13													Изом
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													

**Рисунок 3. Таблица Excel с параметрами угольника**

Для визуализации крепежного угольника по построенной модели автоматически создается трехмерный чертеж с указанием его габаритных размеров.

После того как трехмерная модель, чертеж и таблица Excel будут созданы, все три файла подключаются к «Менеджеру шаблонов», и угольник добавляется в библиотеку шаблонов (рисунок 4).

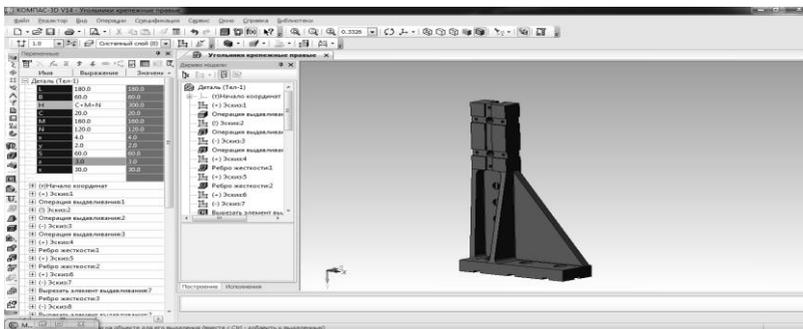


**Рисунок 4. Угольник крепежный правый в библиотеке шаблонов**

По такому же алгоритму в библиотеку добавляются все остальные элементы комплекта УСП.

Аналогичным образом конструктор выбирает в «Менеджере шаблонов» любую нужную ему деталь проектируемого приспособления из комплекта УСП и ее параметры. После чего они передаются в КОМПАС-3D, где автоматически создается объемная модель этой детали. При необходимости для любой модели детали из созданной библиотеки можно получить ассоциативный чертеж с необходимым количеством проекций, сечений, разрезов и т. д.

Рассмотрим возможность параметризации моделей на примере детали «Угольник крепежный правый». Для этого необходимо открыть ранее созданную параметрическую модель (рисунок 2) и занести в таблицу параметров нужные конструктору значения. Например, увеличим длину угольника ( $L=180$  мм) и его высоту ( $H=300$  мм), изменим шаг между П-образными пазами с 30 мм до 60 мм (параметр  $S$ ), а так же увеличим количество отверстий и пазов в основании с 2-х до 3-х (параметр  $z$ ).



***Рисунок 5. Угольник необходимый конструктору***

Как видно из рисунка 5, угольник тут же перестроился в соответствии с заданными требованиями конструктора. Аналогичный процесс присущ всем моделям данной библиотеки шаблонов. Это дает возможность использовать такие конфигурации элементов УСП, какие нужны конструктору для проектирования приспособления в соответствии с техническим заданием.

Использование созданной библиотеки позволит облегчить работу конструктора приспособлений и сократить время на его проектирование. Данная библиотека может быть так же применима в учебном процессе для наглядной демонстрации в программе Компас-3D процесса сборки компоновок УСП.

### **Список литературы:**

1. Бирюков В.Д., Довженко А.Ф., Колганенко В.В. и др.; Под общ. ред. Д.И. Полякова. Перенастраиваемая технологическая оснастка. М.: Машиностроение, 1988. — 256 с.
2. Мясников Ю.И. Технологическая оснастка металлорежущих станков. Часть 1. Станочные приспособления как часть технологической оснастки: учебно-методический комплекс / Ю.И. Мясников. 3-е изд., перераб. и доп. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — 266 с.
3. Мясников Ю.И. Технологическая оснастка металлорежущих станков. Часть 3. Автоматизация проектирования станочных приспособлений: учебно-методический комплекс / Ю.И. Мясников. 3-е изд., перераб. и доп. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. — 160 с.
4. Сазанов М.Н., Прис Н.М. Повышение эффективности процесса проектирования технологической оснастки. Технические науки — от теории к практике: материалы XVIII международной заочной научно-практической конференции. (20 февраля 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — 204 с.

## УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ ПЛАСТИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ СТАЛИ 14X17H2

*Лопухов Юрий Иванович*

*канд. техн. наук, профессор Восточно-Казахстанского  
государственного университета им. Д. Серикбаева,  
Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск*

*Лахина Мария Александровна*

*магистрант, Восточно-Казахстанский  
государственный университет им. Д. Серикбаева,  
Республика Казахстан, г. Усть-Каменогорск  
E-mail: [lakhina.mariya@gmail.com](mailto:lakhina.mariya@gmail.com)*

## ULTRASONIC FINISHING PROCESSING STEEL 14X17H2

*Lopuhov Jurij*

*candidate of Technical Sciences, professor  
of D. Serikbaev East Kazakhstan state technical university,  
Republic of Kazakhstan, Ust'-Kamenogorsk*

*Lakhina Mariya*

*master of D. Serikbaev East Kazakhstan state technical university,  
Republic of Kazakhstan, Ust'-Kamenogorsk*

### АННОТАЦИЯ

В работе рассмотрена возможность ультразвукового упрочнения поверхности стали 14X17H2 после чистовой токарной обработки. Предлагается применять обработку ультразвуком в качестве финишной операции. Показано влияние различных режимов ультразвукового упрочнения на микротвёрдость и шероховатость. С целью повышения работоспособности и долговечности высоконагруженных деталей машин.

### ABSTRACT

The paper considers the possibility of using ultrasonic finishing processing on the surface of alloy steels was done after finishing lathe machining. It is proposed to use an ultrasonic finishing processing in the finishing operation . Shows the effects of different modes of ultrasonic

finishing on microhardness and roughness. In order to improve efficiency and durability of machine parts heavily.

**Ключевые слова:** ультразвуковое упрочнение; сталь 14X17H2; микроструктура; шероховатость.

**Keywords:** ultrasonic processing; alloy steel; metallurgical structure; roughness.

В настоящее время, для машиностроительных предприятий качество производимой продукции — машин, агрегатов, узлов и отдельных деталей, является одним из наиболее значимых показателей, определяющих мощность производственной и научной базы и развития. Теоретические исследования и производственный опыт последних лет привели к пониманию того, что работоспособность отдельных деталей и агрегатов в целом, в большой степени зависит и от качества поверхностного слоя деталей, который формируется при их изготовлении.

Ультразвуковое поверхностное упрочнение представляет собой прогрессивную технологию финишной отделочно-упрочняющей обработки металлов давлением, позволяя заменить классические статические методы пластического поверхностного деформирования по схемам качения и скольжения — накатывание и выглаживание. Отличительной особенностью УЗО является малая температура нагрева, низкое статическое усилие и высокая скорость деформирования, благодаря чему данная технология позволяет обрабатывать как детали, обладающие невысокой конструктивной жёсткостью, так и поверхности, подвергнутые закалке и отпуску. В результате воздействия ультразвуковых колебаний значительно снижается сопротивление металла пластической деформации [3].

Для определения влияния ультразвукового упрочнения на поверхностный слой был проведен эксперимент, по методике композиционного планирования эксперимента со статистической обработкой результатов по модели трёхфакторного эксперимента [1]. Факторами эксперимента, влияющими на качество поверхностного слоя, приняты: статическое усилие ( $P_{ст}$ ), поперечная подача ( $S$ ), частота вращения заготовки ( $n$ ). За показатели качества приняты: микротвердость ( $HV$ ) и параметр шероховатости обработанной поверхности ( $Ra$ ).

В качестве исследуемого материала использовалась коррозионно-стойкая, жаропрочная сталь 14X17H2, которая в настоящее время применяется для изготовления шпинделей нефтегазовой трубопро-

водной арматуры. В соответствии с ГОСТ 5632-72 данная сталь имеет следующий химический состав: 0,11—0,17 % С, 16,0—18,0 % Cr, 1,5—2,5 % Ni.

Исходная шероховатость поверхности из стали 14X17H2, полученная после чистового точения Ra 1,2...1,6 мкм.

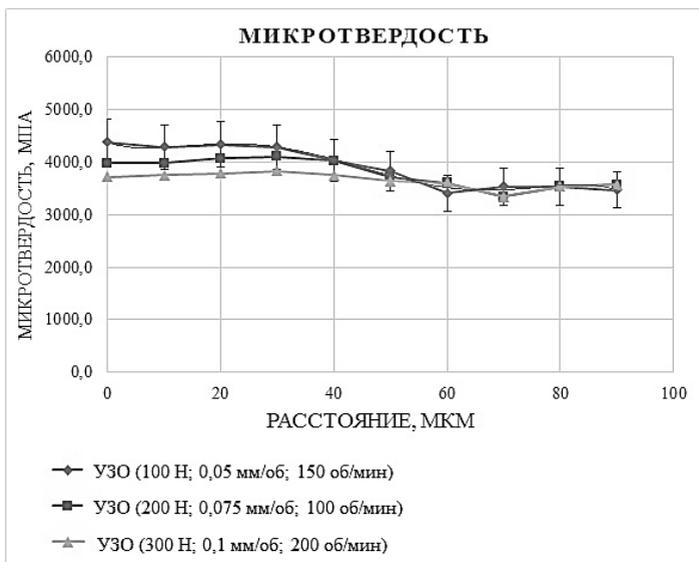
Ультразвуковому упрочнению подвергались цилиндрические образцы диаметров 40 мм, образцы предварительно были подвергнуты термообработке: отжиг, закалка-отпуск, при температуре 680-700°C. Ультразвуковое воздействие осуществлялось ультразвуковым генератором БУФО-0.63/22 и магнитострикционным преобразователем ПМС1-1. Частота ультразвуковых колебаний 18—20 кГц. К торцу магнитострикционного преобразователя крепился концентратор с радиусом закругления 5 мм. Усилие прижима концентратора к поверхности 150—300 Н, прижим контролировался индикатором часового типа и составлял 0,05—0,1 мм. Концентратор перемещался по поверхности образца вдоль направления точения со следующими характеристиками: подача 0,05—0,1 мм/об, обороты 100—300 об/мин, коэффициент перекрытия при данных параметрах варьировался от 0 до 0,5 [2, с. 68]. Полученные образцы подверглись травлению раствором Марбле и были изучены под растровым электронным микроскопом JSM-6390LV. Разрез образцов был произведен поперек направления течения металла, для детального изучения упрочненной поверхности по направлению длины окружности.

Для изучения влияния технологических режимов ультразвукового упрочнения на геометрические характеристики поверхности были отобраны следующие результаты эксперимента — нижнее, центральное и верхнее значение плана, которым соответствует слабая, средняя и сильная степень наклепа.

По итогам эксперимента изучено распределение микротвёрдости по глубине обработанных образцов. Результаты измерения представлены на рисунке 1. Исходная микротвёрдость образцов замерена по методу Виккерса, и составила 334—353 HV.

На поверхности микротвёрдость имеет свое максимальное значение. Улучшение показателей качества приповерхностного слоя доказывает, что в процессе деформации не был превышен предел прочности стали 14X17H2, сопровождаемый снижением микротвёрдости приповерхностного слоя. Величина микротвёрдости приповерхностного слоя по глубине уменьшается до уровня микротвёрдости стали 14X17H2 в исходном состоянии, после чистового точения и термообработки. Монотонное убывание микротвёрдости характеризует изменения макро- и микро- структуры материалов, а также

показывает изменения остаточных условий сжимающих напряжений при ультразвуковом пластическом деформировании.



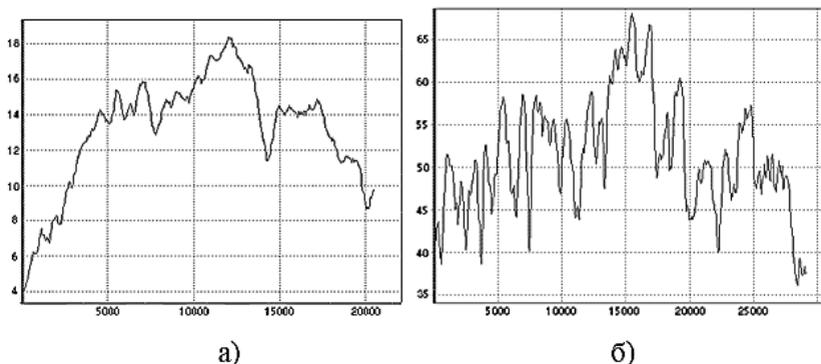
**Рисунок 1. Зависимость изменения микротвердости поверхностного слоя по глубине**

На образце характеризуемом наименьшей степенью наклепа ( $F_{ст} = 300$  Н;  $S_{прод} = 0,1$  мм/об;  $n = 200$  об/мин) микротвёрдость увеличилась в среднем на 20 единиц, на образце № 15 со средней степенью наклепа ( $F_{ст} = 200$  Н;  $S_{прод} = 0,075$  мм/об;  $n = 100$  об/мин) примерно на 50 единиц, а на образце с наибольшей степенью наклепа № 2 ( $F_{ст} = 100$  Н;  $S_{прод} = 0,05$  мм/об;  $n = 150$  об/мин) приблизительно на 80 единиц, достигнув следующих значений:  $HV_1 = 368$ ;  $HV_{15} = 280$ ;  $HV_2 = 417$ .

Степень упрочнения поверхностного слоя после ультразвукового упрочнения достигла следующих значений:  $u_{n1} \approx 6\%$ ;  $u_{n15} \approx 11\%$ ;  $u_{n2} \approx 25\%$ .

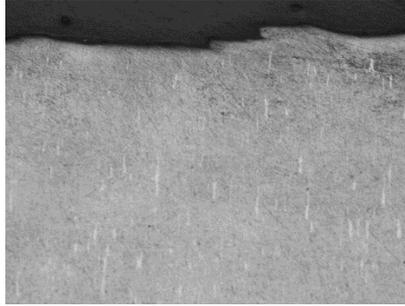
Анализируя представленные графические зависимости параметров качества поверхностного слоя от режима обработки можно сделать вывод, что при ультразвуковом упрочнении в указанном диапазоне изменения технологических параметров микрогеометрия улучшается при уменьшении силы статического прижима и скорости продольной

подачи (см. рис. 1 и 2). Данный эффект можно объяснить тем, что при увеличении силы статического прижима перед инструментом начинает набегать пластическая волна и увеличивается сила трения между инструментом и обрабатываемой поверхностью (в контактной зоне под индентором). При увеличении подачи происходит неполное выглаживание неровностей, так как перемещающийся с большей скоростью инструмент не успевает полностью деформировать поверхность, коэффициент перекрытия отпечатков снижается, и частично деформированные выступы не заполняют впадины профиля.



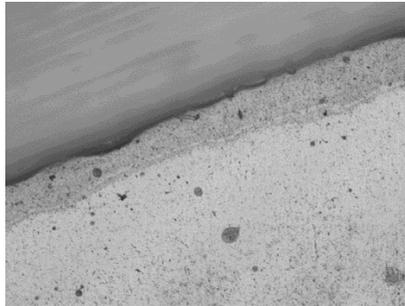
**Рисунок 2. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от входных режимов ультразвукового упрочнения:**  
**а) шероховатость поверхности образца упрочненного ультразвуком образца (100 Н; 0,05 мм/об; 150 об/мин);**  
**б) Шероховатость поверхности образца упрочненного ультразвуком образца (200 Н; 0,075 мм/об; 100 об/мин).**

На рисунке 3 представлена микроструктура стали 14X17H2 до ультразвуковой обработки. Структура исходного сплава является типичной мартенситно-ферритной структурой. Одной из особенностей данной стали является выделение дельта-феррита, возникновение которого снижает свойство стали, и приводит к образованию глобулярных включений карбидной фазы.



***Рисунок 3 Микроструктура стали 14X17H2 до ультразвукового упрочнения, x100***

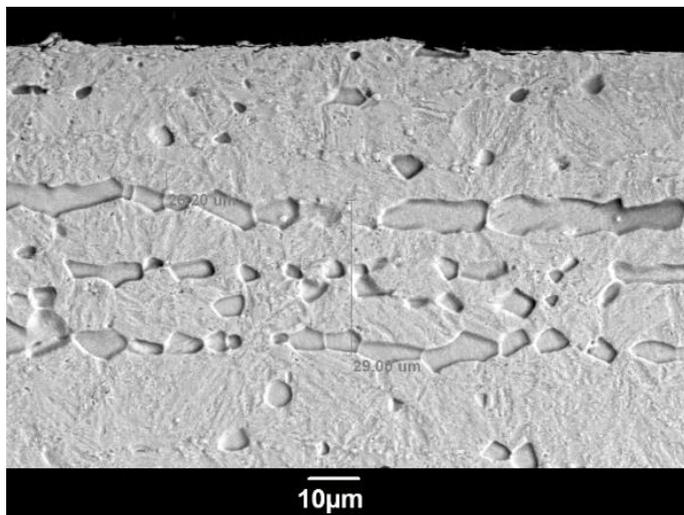
На образцах подвергнутых ультразвуковому упрочнению наблюдается измельчение структуры поверхностного слоя, что ведет к увеличению микротвердости. При травлении упрочненная зона просматривается достаточно четко, этот эффект связан с разной скоростью травления разных по размеру зерен металла (см. рис. 4).



***Рисунок 4. Микроструктура стали 14X17H2 после ультразвукового упрочнения, x100***

В поверхностном слое пластически деформированного металла зерна приобретают определенную ориентировку, создают так называемую текстуру деформации (поверхностный слой приобретает слоистый вид). Происходит вытягивание зерен в направлении главной деформации, о чем можно судить по микроструктуре наклепанного слоя.

Глубина упрочненного слоя достаточно равномерна и составляет в среднем 20—30 мкм (см. рис. 5).

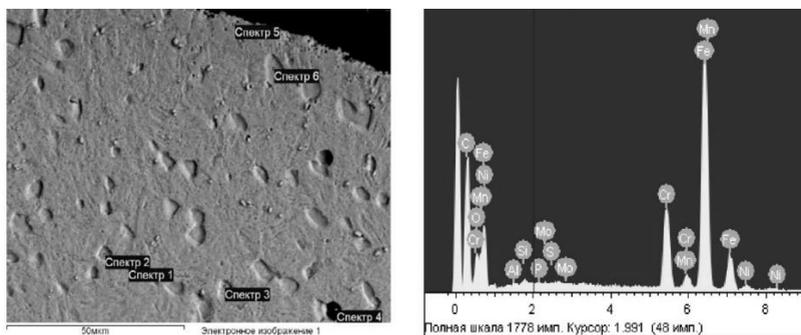


*Рисунок 5. Упрочненный слой стали 14X17H2, x1000*

При ультразвуковой обработке на поверхности образцов имеется слой, в котором существенно снижена доля карбидных частиц и наблюдается частичная деформация карбидных включений. Эффект ультразвукового воздействия проявляется в изменении распределения включений нерастворимых примесей по объему сплава. Измельчение структуры, и как следовательно, упрочнение поверхностного слоя происходит за счет наложения неровностей друг на друга, а также за счет вытягивания дефектов, образовавшихся при деформации материала по направлению главного движения обработки. Такие изменения в микроструктуре поверхностных слоев наблюдаются у всех исследуемых материалов.

Таким образом, слой сформированный при ультразвуковой обработке выступает в качестве защитного экрана и препятствует развитию пластической деформации в более глубоких слоях металла.

Учитывая повышение температуры поверхностного слоя в зоне контакта и температуру критических точек  $A_{c1}=720^{\circ}\text{C}$  и  $A_{c3}=830^{\circ}\text{C}$ , для стали 14X17H2, был проведен количественный элементный микроанализ в упрочненном слое, приповерхностном слое и сердцевине образца на растровом электронном микроскопе JSM-6390LV. Анализируя полученные данные (рисунок 6, таблица 1) можно сделать вывод, что ультразвуковая обработка не изменяет стандартного элементного состава стали.



**Рисунок 6. Микроструктура и спектры сканирования поверхностной и приповерхностной зон стали 14X17H2**

**Таблица 1.**

**Элементный анализ поверхностного и приповерхностного слоев стали 14X17H2 по спектрам сканирования**

Спектр	В стат.	O	Al	Si	P	S	Cr	Mn	Fe	Ni	Mo	Итог
Спектр 1	Да	6.61	0.48	0.45	0.00	0.00	15.56	0.66	74.32	1.92	0.00	100.00
Спектр 2	Да	6.09	0.50	0.53	0.00	0.00	15.02	1.07	74.55	2.25	0.00	100.00
Спектр 3	Да	6.00	0.39	0.44	0.00	0.00	14.66	1.04	75.01	2.45	0.00	100.00
Спектр 4	Да	6.02	0.32	0.37	0.00	0.23	14.84	1.11	74.67	2.43	0.00	100.00
Спектр 5	Да	6.30	0.61	0.49	0.00	0.00	16.01	0.60	74.36	1.64	0.00	100.00
Спектр 6	Да	6.46	0.00	0.36	0.00	0.00	17.17	1.16	72.85	2.01	0.00	100.00
Среднее		6.25	0.38	0.44	0.00	0.04	15.54	0.94	74.29	2.12	0.00	100.00
Станд. отклонение		0.25	0.21	0.07	0.00	0.10	0.94	0.25	0.75	0.32	0.00	
Макс.		6.61	0.61	0.53	0.00	0.23	17.17	1.16	75.01	2.45	0.00	
Мин.		6.00	0.00	0.36	0.00	0.00	14.66	0.60	72.85	1.64	0.00	

По результатам эксперимента было установлено, что ультразвуковая обработка при обработке стали позволяет создать упрочненный слой толщиной 20...30 мкм с микротвердостью 3900—4000 МПа за счет изменения свойств полученной структуры, принципиально отличающейся от свойств металла, несущего технологическую наследственность после механической обработки. В поверхностном и приповерхностном слое на глубине 10—30 мкм происходит

текстурирование микроструктуры в направлении обработки. Исследование по измерению шероховатости и микротвердости показало, что после ультразвукового упрочнения высотные показатели поверхности снизились в среднем 2...5 раз, средний шаг неровностей профиля уменьшился в 3,4...5,8 раз, относительная опорная длина увеличилась в 1,1...1,9 раз, класс шероховатости увеличился на 2 класса от первоначального; микротвердость поверхностного слоя увеличилась на 25 %, степень упрочнения поверхностного слоя достигла 18—20 %.

### **Список литературы:**

1. Использование метода композиционного планирования эксперимента для описания технологических процессов: метод. указания / сост. Гайдадин А.Н., Ефремова С.А.; ВолгГТУ. Волгоград, 2008. — 16 с.
2. Лахина М.А. Лопухов Ю.И. «Расчет технологических параметров ультразвуковой обработки шпинделя из стали 14X17H2 для энергетической и нефтегазовой арматуры». Материалы XIV Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов и молодых ученых «Творчество молодых — инновационному развитию Казахстана», 7—9 апр. 2014 г.
3. Марков А.И. Ультразвуковая обработка материалов. М.: Машиностроение, 1980. — 237 с.

### СЕКЦИЯ 3.

## ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ

### ВЕТРОЭНЕРГЕТИКА КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ ИСТОЧНИК ЭНЕРГИИ В МИРОВОМ СООБЩЕСТВЕ

**Тарасов Алексей Сергеевич**

*аспирант Тамбовского государственного технического университета,  
РФ, г. Тамбов  
E-mail: [tas13chuvak722@mail.ru](mailto:tas13chuvak722@mail.ru)*

**Калинин Вячеслав Федорович**

*д-р техн. наук, проректор по кадровой и молодежной политике ТГТУ,  
профессор Тамбовского государственного технического университета,  
РФ, г. Тамбов  
E-mail: [kalinin@tstu.ru](mailto:kalinin@tstu.ru)*

### WIND ENERGETICS AS ALTERNATIVE ENERGY SOURCES IN WORLD COMMUNITY

**Aleksey Tarasov**

*post-graduate student, Tambov State Technical University,  
Russia, Tambov*

**Vyacheslav Kalinin**

*doctor of Technical Sciences, Prorector of Personnel  
and Youth Policy of Tambov State Technical University,  
Professor of Tambov State Technical University,  
Russia, Tambov*

## АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрена проблема развития ветроэнергетики как одного из наиболее перспективных и доступных источников альтернативной энергетики в мире. Приводится анализ данных мировой ветроэнергетики. Дается краткая характеристика развития ветроэнергетики в мировом сообществе.

## ABSTRACT

The article deals with the problem of wind energetics development as one of the most promising and affordable alternative energy sources in the world. The data analysis of world wind energetics is carried out. A brief description of wind energetics development in the world community is presented.

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии; топливно-энергетические ресурсы; энергопотребление; ветроэнергетика; ветрогенератор; ветроэлектростанция; энергоэффективность; энергобезопасность; ветроэнергетическая установка.

**Keywords:** renewable energy sources; fuel and energy resources; energy usage; wind energetics; wind-powered generator; wind power station; energy efficiency; energy security; wind-driven power-plant.

По оценке IEA (International Energy Agency) мировое потребление первичных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в 2012 году составило 13,371 млрд. тонн условного топлива в год.

Доля используемого не возобновляемого ископаемого органического топлива составляет 86,5 % общего энергопотребления, из них ядерной энергии — 4,8 %, а возобновляемых источников энергии (ВИЭ) — 13,5 %, в том числе биоэнергетических установок — 10 %, крупных гидроэлектростанций (ГЭС) — 2,4 % (рис. 1) [7, с. 6].

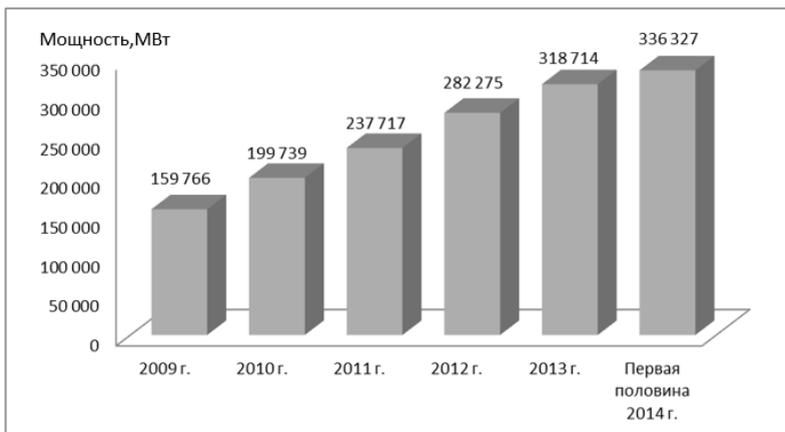


**Рисунок 1. Мировое производство энергии в 2012 году.**  
 \* — включает в себя солнечную энергию, ветровую энергию, геотермальную энергию и т. д.

Темпы освоения и развития новых источников органического ископаемого топлива уже сегодня ниже темпов роста его потребления и перед человечеством все более явственно возникает реальная и научно обоснованная перспектива истощения разведанных запасов топлива (энергии) в течение нескольких поколений [2, с. 6].

Таким образом, освоение новой доступной энергии является одной из важнейших задач современности. Главными вопросами мировой энергетики сегодня стали вопросы энергоэффективности и энергобезопасности. В данном контексте, использование энергии ветра как альтернативы традиционным источникам энергии представляется наиболее привлекательным [6, с. 241].

Мировая ветроэнергетика развивается весьма быстрыми темпами. Единичная мощность современных ветрогенераторов достигает 7,5 МВт [4, с. 35]. Ежегодно число ветрогенераторов по всему миру увеличивается в среднем на 20 процентов (рис. 2) [5, с. 78].



***Рисунок 2. Динамика установленной мощности мировой ветроэнергетики в 2009—2014 годах***

Всемирная ассоциация ветроэнергетики (World Wind Energy Association, WWEA) опубликовала полугодовой отчёт за 2014 год, согласно которому в первой половине года прибавилось 17 613 МВт мощности генерируемой ветровыми электростанциями. Этот показатель выше, чем в 2013 и 2012 годах за тот же период, когда в действие были введены мощности 13,9 ГВт и 16,4 ГВт соответственно. Тем самым суммарная мощность всех ветроэлектростанций составила 336 327 МВт. Таким образом, к середине 2014 года ветровые турбины по всему миру обеспечивают 4 % от мирового спроса на электроэнергию [8, с. 2].

Программа развития ветроэнергетики, принятая Мировым Советом по ветроэнергетике в 1998 году предусматривает, что к 2020 году доля ветроэнергетики в производстве электроэнергии должна составить 10 % (Программа “Wind Force-10”) [1, с. 29]. А при успешном её выполнении, программой предусматривается достижение к 2020 году уже не 10, а 12 %. Более 30 стран мира имеют планы ввода мощностей ветроэнергетических установок (ВЭУ) на разные временные отрезки: 2015 г., 2020 г., 2030 г., что является гарантией достижения указанной доли [1, с. 29].

Важной особенностью ветроэнергетики является нецелесообразность подключения ВЭУ к единой энергетической системе, поскольку такое подключение повышает риски дестабилизации единой энергетической системы (ЕЭС) [3, с. 40]. Автономность является, несомненно, сильной стороной альтернативного энергоснабжения. Цена

электричества, при применении крупных ветрогенерирующих объектов, на 50—60 % превышает стоимость сетевого питания, но с учетом иных, кроме автономности, достоинств ветрогенерации (возобновляемость, экологичность), данный экономический показатель принято справедливо считать приемлемым [3, с. 40].

Для устойчивого автономные и децентрализованные ветроэнергетические источники могут сыграть позитивную роль в развитии мирового сообщества:

- в снижении затрат за удовлетворение энергетических потребностей;
- в преодолении изменения климата (снижении воздушного и водного загрязнения);
- в контроле за использованием не возобновляемых топливно-энергетических ресурсов;
- в предпосылках к экономическому росту: создание рабочих мест и новых отраслей индустрии;
- в повышении сетевой стабильности и уменьшении вероятности нарушений в энергоподаче.

### **Список литературы:**

1. Безруких П.П., Безруких П.П. (младший). Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов. М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации/Центр экологической политики России, 2011. — 74 с.
2. Николаев В.Г., Ганага С.В., Перминов Э.М. Состояние и перспективы развития мировой и отечественной ветроэнергетики. Часть 1. Мировая ветроэнергетика.// Библиотечка электротехника, приложение к журналу «Энергетик». Вып. 8 (164) М.: НТФ «Энергопрогресс», 2012. — 124 с.
3. Почему ветроэнергетика не развивается в России//Главный энергетик № 9 М.: «Панорама», 2014. — с. 40—43.
4. Тарасов А.С. Возможности развития ветроэнергетики как альтернативного источника энергии в России // «Технические науки — от теории к практике»: материалы XXXII международной заочной научно-практической конференции № 3 (28) Март 2014 г.; Новосибирск: Изд. «СибАК», 2014. — с. 35—41.
5. Тарасов А.С. Использование математической модели формирования и выбора класса замещения традиционных источников энергии в децентрализованных сетях электроснабжения// «Технические науки — от теории к практике»: материалы XVIII международной заочной научно-практической конференции.(20 февраля 2013 г.); Новосибирск: Изд. «СибАК», 2013. — с. 78—84.

6. Тарасов А.С., Калинин В.Ф. О перспективах ветроэнергетики в России// НОВОЕ СЛОВО В НАУКЕ: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ — Сборник материалов международной научно–практической конференции. Чебоксары, 2014. — с. 241—242.
7. Key World Energy Statistics [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/keyworld2014.pdf> (Дата обращения: 11.04.2015).
8. The World Wind Energy Association. Half – year report 2014 [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: [http://www.wwindea.org/webimages/WWEA\\_half\\_year\\_report\\_2014.pdf](http://www.wwindea.org/webimages/WWEA_half_year_report_2014.pdf) (Дата обращения: 11.04.2015).

## **НЕАКТИВНАЯ МОЩНОСТЬ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

***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*

***Набиуллин Рамиль Анварович***

*студент 3 курса бакалавр, кафедра «Электрическая техника»,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Планков Александр Анатольевич***

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

# INACTIVE POWER IN ELECTRIC POWER SYSTEMS

***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*

***Nabiullin Ramil***

*3rd year student of Bachelor, chair «Electric appliances»,  
Omsk State Technical University,  
Omsk, Russia*

***Plankov Aleksandr***

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

## АННОТАЦИЯ

В статье дается определение неактивной мощности. Также приведены основные формулы, необходимые для определения неактивной мощности и дана графическая интерпретация формулы Budeanu. Кроме того, в статье рассмотрен практический аспект определения и компенсации неактивной мощности. Указаны рекомендации при разработке устройств компенсации неактивной мощности.

## ABSTRACT

The article defines the inactive power. Also provides basic formulas needed to determine the inactive power and gives a graphical interpretation of the formula Budeanu. In addition, the article discusses the practical aspect of defining and inactive power compensation. These recommendations when developing inactive power compensation.

**Ключевые слова:** неактивная мощность; реактивная мощность; компенсация.

**Keywords:** inactive power; reactive power; compensation.

При анализе различных процессов в электроэнергетических системах, традиционно большое внимание уделяют активной мощности. Этот важный параметр имеет вполне обоснованное и четкое определение, описывающее конкретные физические процессы. Поэтому довольно строгие и стройные методики измерения и расчета активной мощности не вызывают сомнений. Напротив, нет никакой строгости в определении неактивной мощности. Однако использование термина «неактивная мощность» (НМ) оправдано тем, что обменные процессы, протекающие в энергосистемах при несинусоидальных режимах, нельзя описать только реактивной мощностью (РМ). К тому же применение термина «реактивная мощность» для несинусоидальных режимов часто создает путаницу, затрудняет оценку вновь разрабатываемых подходов к определению мощностных характеристик, которые являются неизбежным атрибутом технологического контроля, влияющим на устойчивость работы энергосистем и их экономическую эффективность [5].

Интегральную величину, характеризующую какие-либо энергетические процессы при несинусоидальных токах и напряжениях режимах, можно называть неактивной мощностью  $Q_H$  и считать ее ортогональной активной мощности.

Неактивную мощность можно разложить на две составляющие: характеризующую взаимодействие одинаковых по частоте гармоник тока и напряжения — реактивная мощность сдвига  $Q_C$ ; характеризующую взаимодействие разных по частоте гармоник тока и напряжения — мощность искажения  $Q_H$ .

Поскольку ортогональность мощности сдвига и мощности искажения не является очевидной, то используется алгебраическое суммирование [5]

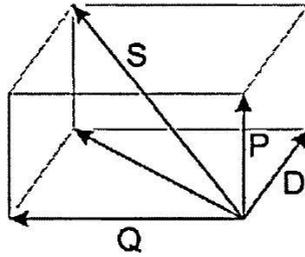
$$Q_H = Q_C + Q_H. \quad (1)$$

Budeanu [6] в 1927 году предложил определять мощность искажения по формуле

$$D^2 = \sqrt{S^2 - (P^2 + Q^2)} \quad (2)$$

где  $D$  — мощность искажения.

Геометрическая интерпретация формулы представлена в виде векторов, образующих параллелепипед (рисунок 1).



**Рисунок 1. Геометрическая интерпретация формулы Viduanu**

Отметим, что ортогональность реактивной мощности и мощности искажений не обоснована и, тем более не доказана. Поэтому можно утверждать, что геометрическая интерпретация изящна и красива, но не имеет должных обоснований и, скорей всего, не отражает реальные физические процессы [5].

Практический аспект теории мощности, касающийся повышения коэффициента мощности цепей с реактивной мощностью, должен быть тем фактором, который больше всего выиграет от правильного определения реактивной мощности. Попытки компенсации, на основе реактивной мощности Viduanu и связанной с ней мощностью искажений не удалась. Эти величины не позволяют даже правильно рассчитать компенсирующую емкость, дающую максимальный коэффициент мощности, порой даже ухудшали этот показатель.

С течением лет, все чаще возникали нелинейные нагрузки и процессы с очень большими искажениями, невозможно было дальше терпеть ограничения в применяемых формулах.

Значимым событием стала публикация в 2000 году организацией IEEE стандарта 1459 [7]: «Определения для измерений величин, связанных с электрической мощностью в синусоидальных, несинусоидальных, симметричных и несимметричных условиях». Впервые реактивная мощность по определению Viduanu оказалась в группе рекомендуемых определений, которые не должны использоваться в новых счетчиках мощности и реактивной энергии. В большинстве случаев считается, что полезная часть энергии передается только с помощью составляющих 50/60 Гц, при гораздо меньшем и часто вредном участии высших гармоник.

В этом стандарте формула неактивной мощности представлена в следующем виде

$$N_e = \sqrt{S_e^2 - P^2}, \quad (3)$$

$$S_e = 3 \cdot U_e \cdot I_e, \quad (4)$$

где  $S_e$  — эффективная полная мощность,

$U_e, I_e$  — соответственно, эффективные напряжения и ток трехфазной цепи.

Этот параметр характеризует влияние не только реактивной мощности, но и мощности искажений при несинусоидальных режимах работы сети. При отсутствии высших гармоник неактивная мощность равна модулю реактивной мощности [1].

Реактивная мощность является одной из составляющих неактивной мощности  $N$ . В однофазных цепях с синусоидальным напряжением и током,  $N$  равно  $Q$ , поэтому в неактивной мощности нет других составляющих. В трехфазных цепях такое свойство имеют только симметричные синусоидальные сети со сбалансированной чисто резистивной нагрузкой.

По теории профессора Czarnieckiego, уравнение мощности в трехфазных цепях можно записать следующим образом

$$S^2 = P^2 + D_S^2 + Q^2 + D_U^2, \quad (5)$$

где:  $D_S$  — это мощность рассеяния, которая появляется в системе, в результате изменения активной проводимости нагрузки вместе с изменением частоты. Таким образом, наличие в нагрузке реактивных элементов может привести к появлению мощности рассеяния.

$Q$  — реактивная мощность, которая появляется при наличии фазового сдвига между гармониками напряжения и тока.

$D_U$  — обозначает мощность дисбаланса, которая является мерой несбалансированной трехфазной нагрузки. Эта составляющая объясняет ситуацию, при которой несбалансированная трехфазная нагрузка с чисто резистивным характером, приводит к коэффициенту мощности меньше единицы.

Попытка соединения IEEE 1459-2000 с теорией мощности Czarnieckiego приводит к выводу, что неактивная мощность скрывает в себе три отдельных физических явления, которые влияют на снижение эффективности передачи энергии от источника к приемнику, то есть уменьшение коэффициента мощности

$$PF = \frac{P}{S_e} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + D_S^2 + Q^2 + D_U^2}} \quad (6)$$

В стандарте IEEE 1459-2000 реактивная мощность( $Q$ ) была ограничена основной гармоникой и это касается как однофазных систем, так и трехфазных [4].

Что касается компенсации неактивной мощности, то она разделяется на два направления: компенсация реактивной и искажающей мощностей.

Традиционные подходы решения проблемы компенсации неактивной мощности в данный момент не удовлетворяют современным требованиям, главным образом из-за больших удельных массогабаритных показателей, небольшого диапазона регулирования частоты, низкого КПД и большой степени взрывопожаробезопасности.

Проведенный анализ существующих технических решений показывает, что оба направления, решающих проблему повышения качества электроэнергии, развивались и продолжает развиваться. Обычно замена существующих устройств ЭЭС с целью повышения качества потребляемой ими электроэнергии представляет огромную сложность. При этом повысить качество электроэнергии применением устройства компенсации, которое можно установить в любой точке ЭЭС, является предпочтительным [2].

При разработке устройств компенсации необходимо учитывать следующие тенденции в развитии техники:

1. Предпочтение устройств динамической компенсации перед квазистационарными;
2. Использование «мягких» режимов работы энергозапасующих элементов предпочтительнее с точки зрения массогабаритных показателей по сравнению с «жесткими»;
3. Использование резонансных режимов работы энергозапасующих элементов (ЭЭ) силовой части;
4. Повышение рабочей частоты вентильных и ключевых элементов силовой схемы;
5. Повышение частоты работы ЭЭ силовой схемы позволяет уменьшить их габариты и массу [3].

### **Список литературы:**

1. Бельский И.Я., Островерхов В.В., Тимиргалиев Р.А. Измерение полной мощности сети и ее составляющих в трехфазных электрических сетях с несимметричной и нелинейной нагрузкой. [Текст] // [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: [http://www.vbrspb.ru/userfiles/file/FE1888\\_2.pdf](http://www.vbrspb.ru/userfiles/file/FE1888_2.pdf) (дата обращения: 23.03.2015).
2. Лыонг Т.Ф. Компенсация реактивной и искажающей мощностей в судовых и корабельных электроэнергетических системах : Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / Т.Ф. Лыонг М., 2009. — 20 с.

3. Мартинович М.В. Анализ электромагнитных процессов и алгоритмов управления устройства компенсации неактивной электрической мощности: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / М.В. Мартинович Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, 2000. — 24 с.
4. Реактивная мощность [Электронный ресурс] // Компания Sonel; [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.sonel.ru/ru/biblio/article/parametry-kachestva-elektroenergii/reaktivnaya-moshchnost> (дата обращения: 23.03.2015).
5. Сулайманов А.О. Неактивная мощность и ее составляющие в электроэнергетических системах: Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / А.О. Сулайманов Томский политехнический университет, Томск, 2009. — 135 с.
6. Budeanu C.I. Puisslanses reactiv'es et fictives./Inst. Romain de l'Energie, Bucharest, Rumania. 1927.
7. IEEE Std 1459-2000. IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities Under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions.

## **СЕКЦИЯ 4.**

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

#### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

***Гребнев Юрий Владимирович***

*доцент ВолгГТУ,  
РФ, г. Волгоград*

***Хмуров Иван Андреевич***

*студент магистр Волгоградского Государственного Технического  
Университета, факультета технологии конструкционных материалов,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [hmurovski@mail.ru](mailto:hmurovski@mail.ru)*

***Родин Андрей Сергеевич***

*студент магистр Волгоградского Государственного Технического  
Университета, факультета технологии конструкционных материалов,  
РФ, г. Волгоград  
E-mail: [rodin\\_19-93@mail.ru](mailto:rodin_19-93@mail.ru)*

# DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY UTILIZATION FINELY DISPERSED METAL WASTE

*Yuri Grebnev*

*associate Professor VSTU,  
Russia, Volgograd*

*Ivan Hmurov*

*master student of the Volgograd State Technical University,  
Faculty of Technology of construction materials,  
Russia, Volgograd*

*Andrei Rodin*

*master student of the Volgograd State Technical University,  
Faculty of Technology of construction materials,  
Russia, Volgograd*

## АННОТАЦИЯ

В данной работе предположена и апробирована технология утилизации мелкодисперсных металлических отходов. Разработанные заготовки получают посредством расплавления стружки и других металлических отходов в жидком некондиционном металле.

## ABSTRACT

In this paper we developed recycling technology of fine metal waste. Getting new preformed blanks charge by utilizing chips, drained of excess iron.

**Ключевые слова:** шихтовые заготовки; брикеты; технология утилизации; чугун; металлические отходы.

**Keywords:** charge billets; briquettes; recycling technology; iron; metal waste.

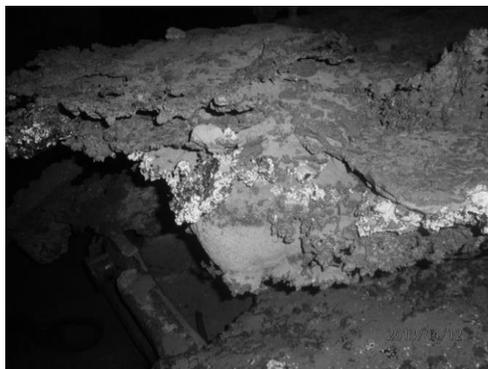
В цехах механической обработки машиностроительных заводов образуется до 30 % стружки от веса литых, штампованных и прокатанных заготовок. Литейные цеха и участки, являющиеся частью этих заводов, обязывают использовать стружку и другие мелкодисперсные металлические отходы в процессах плавки. Применение мелкодисперсных отходов в качестве составляющих шихты в технологических процессах выплавки железоуглеродистых и цветных сплавов приводит к значительному удлинению процесса плавки, увеличению расхода электроэнергии, ферросплавов, лигатур

и вспомогательных материалов. Общий угар металла при плавке стружки «навалом» может составить более 50 % от её веса. Процесс плавки мелкодисперсных материалов, содержащих смазывающие охлаждающие жидкости, сопровождается большим количеством вредных выбросов в атмосферу.

Для повышения технико-экономических показателей процесса плавки сплавов мелкодисперсные отходы сушат, сортируют по фракциям, смешивают со связующими и брикетируют на прессах различных конструкций [4]. Переплав брикетированного сырья не вызывает технологических затруднений и по технико-экономическим показателям приближается к переплаву стандартной металлической шихты. Однако большинство литейных цехов не имеет возможности организовать участки по переработке и брикетированию мелкодисперсных металлических отходов.

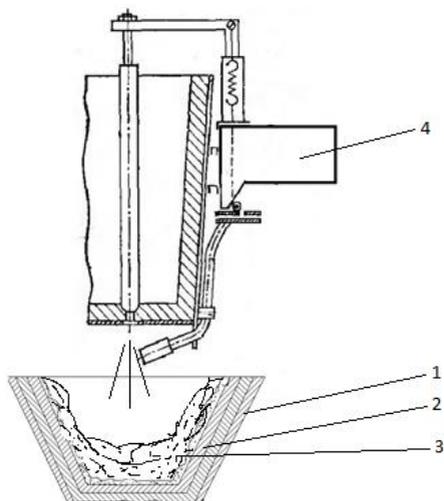
Также непосредственно в литейных цехах образуется другой вид отходов – незапланированный слив металла. Незапланированные сливы металла образуются по причинам несоответствия химического состава жидкого металла требованиям технической документации, охлаждения металла в ковше ниже температурных пределов, установленных для разлива данного сплава, отсутствия точных расчетов и сопоставления металлоемкости литейных форм с весом металла в плавильной печи. Количество незапланированных сливов составляет от 5 до 10 % от веса жидкого металла. В литейных цехах с высокой технологической дисциплиной и оснащенных современным оборудованием потери металла на сливы минимальны. В цехах с устаревшим оборудованием, работающих по выполнению небольших заказов из разных по химическому составу сплавов, объём незапланированных сливов металла может превышать 15 % от веса выплавленного металла.

Некондиционный или лишний металл, как правило, сливается в изложницы, футерованные песчано-жидкостекольной смесью. Слив металла в изложницу приводит к загрязнению металла силикатами (рис. 1).



**Рисунок 1. Вид шихтовой заготовки залитой в изложницу, футерованную песчано-жидкостекольной смесью**

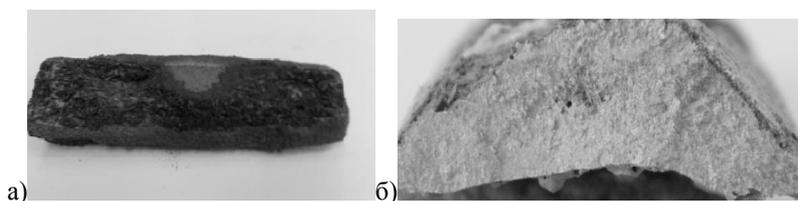
Переплавление таких некачественных шихтовых заготовок приводит к удлинению процесса расплавления шихты, образованию большого количества первичного кислого шлака, который необходимо удалить из печи.



**Рисунок 2. Схема заливки металла в изложницу с расплавляемой футеровкой. 1 — Металлическая изложница, 2 — Огнеупорная футеровка, 3 — «Расплавляемая футеровка», 4 — Дозатор мелкодисперсных отходов**

В работе предложено получать шихтовые заготовки из сливов жидкого металла и расплавляемой футеровки аналогичному процессу поверхностного легирования отливок [1; 2]. Некондиционный или излишний металл сливается в изложницы дополнительно футерованные, кроме песчано-жидкостекольной массы, стружкой и другими мелкодисперсными металлическими отходами (рис. 2) [3].

Металл, расплавляя металлические отходы, образует с ними плотную, качественную шихтовую заготовку. Усвоение жидким металлом металла стружки зависит от температурных режимов процесса, марки сплава и фракционного состава отходов и достигает 30—60 %. (рис. 3).



**Рисунок 3. Внешний вид (а) и излом (б) шихтовой заготовки полученной путем заливки металла в изложницы с расплавляемой футеровкой**

В таблице 1 приведены рекомендуемые составы шихтовых заготовок для производства железоуглеродистых сплавов.

**Таблица 1.**

**Рекомендуемые составы шихтовых заготовок**

Материалы	Рекомендуемое количество материала в шихтовой заготовке, %	
	Сталь	Чугун
Стальная мелкодисперсная стружка	30	—
Чугунная стружка	—	30
Флюсы	1—5	1—5
Углеродосодержащие материалы	—	1—10
Карбид кремния	—	0—10
Ферросплавы (отходы дробления)	0—10	0—10

Для определения металлургической ценности разработанной шихтовой заготовки были проведены сравнительные исследования металла экспериментальных плавов с использованием в шихте

чугунной стружки «навалом» в виде брикетов и в виде шихтовой заготовки, получаемой путем растворения жидким металлом стружки. По каждому варианту шихтовки проводилось по три плавки. Контрольными плавками служили плавки, проведенные с использованием в шихте 100 % чугуна лома.

Брикеты из чугуна стружки получали на лабораторном копре. В качестве связующего использовалось жидкое стекло. Брикеты высушивались при температуре 160 °С в течение 30 минут. Шихтовая заготовка получалась по следующей схеме: высушенная чугунная стружка размещалась на дне и стенках изложницы и заливалась жидким металлом.

Экспериментальные плавки проводились в индукционной печи с емкостью тигля 10 кг. В качестве шихты использовался чугунный лом в количестве 70 % и чугунная стружка 30 %. Критериями качества металла, полученного в эксперименте, служили: газонасыщаемость металла, угар и уровень механических свойств. Газонасыщаемость металла определялась методом вакуумплавления.

Средние значения результатов испытаний металлов экспериментальных и контрольных плавков приведены в таблице 2.

**Таблица 2.**

**Характеристики металла экспериментальных и контрольных плавков**

Номер варианта	Характеристика шихты экспериментальных плавков	Угар металла, %	Содержание газов в металле, %			Бв, кгс/мм <sup>2</sup>
			H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	
1	Чугунный лом — 70 % Чугунная стружка — 30 %	16,7	0.0193	0.0141	0.0097	12,8
2	Чугунный лом — 70 % Брикеты из чугуна стружки — 30 %	10,2	0.0154	0.013	0.0078	17,3
3	Шихтовые чугунные заготовки с содержанием стружки 29—33 %	2,9	0.0093	0.0083	0.0064	21,8
4	Чугунный лом — 100 % (контрольные плавки)	2,7	0.0089	0.0086	0.0071	22,1

Металл экспериментальных плавков, полученный с использованием шихтовых заготовок, обладает характеристиками близких к свойствам чугуна, выплавляемого на шихте из качественного

чугунного лома, и значительно превосходит металл, выплавленный с использованием в шихте брикетированной стружки.

**Выводы:**

1. Процесс получения шихтовых заготовок с использованием расплавляемой футеровки не требует дополнительных капитальных затрат, повышения трудоемкости, увеличения расхода электроэнергии и вспомогательных материалов.

2. Шихтовая заготовка, полученная из сливов некондиционного металла и стружки, характеризуется плотным, однородным металлом.

3. Плавка чугуна с использованием в шихте заготовок, полученных из некондиционного металла и стружки, характеризуется быстрым расплавлением шихты, низким содержанием газов и неметаллических включений в металле отливок и обеспечивает механические свойства металла соответствующими марке чугуна СЧ20.

### **Список литературы:**

1. Гребнев Ю.В. Повышение износостойкости высоконагруженных деталей тракторов поверхностным легированием в литейной форме /Ю.В. Гребнев, Е.И. Тескер, В.А. Гурьев, Е.И. Афонина// Современные проблемы металлургического производства Сб. тр. Международной науч.-техн. конф. Волгоград, ВолгГТУ, 2002. — С. 403—406.
2. Гребнев Ю.И. Наплавка износостойкого слоя на детали почвообрабатывающего инструмента в литейной форме /Ю.В. Гребнев, В.В. Шлепин, Г.Г. Захаров, И.Е. Афонина, В.П. Каляева, О.А. Богатырева// Литейное производство: — 2000, — № 4. — С. 11—12.
3. Жаркова В.Ф. Поверхностное легирование отливок углеродом в литейной форме /В.Ф. Жаркова, Н.А. Кидалов, Ю.В. Гребнев, А.С. Родин, А.В. Симаков/ Известия ВолгГТУ: межвуз. сб. науч. ст. № 9 (136) 2013 (Серия «Проблемы материаловедения, сварки и прочности в машиностроении») — С. 132—134.
4. Равич Б.М. Брикетирование в цветной и черной металлургии /Б.М. Равич М: Металлургия, 1975. — 232 с.

## СЕКЦИЯ 5.

### СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

#### ОСОБЕННОСТИ АРМИРОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ АРМАТУРОЙ

**Максимов Сергей Павлович**

*канд. техн. наук, доцент, декан факультета техники и технологии  
филиал Южно-Уральского государственного университета  
в г. Златоусте,  
РФ, г. Златоуст  
E-mail: [balid@hotmail.ru](mailto:balid@hotmail.ru)*

**Башкова Юлия Борисовна**

*старший преподаватель кафедры ПГС, филиал  
Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте,  
РФ, г. Златоуст  
E-mail: [bashkovayb@susu.as.ru](mailto:bashkovayb@susu.as.ru)*

**Шкуркина Анна Игоревна**

*студент 3 курса, филиал  
Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте,  
РФ, г. Златоуст  
E-mail: [laito174@gmail.com](mailto:laito174@gmail.com)*

**Вшивков Евгений Павлович**

*студент 3 курса, филиал  
Южно-Уральского государственного университета в г. Златоусте,  
РФ, г. Златоуст  
E-mail: [laito174@gmail.com](mailto:laito174@gmail.com)*

# IT IS SPOKEN IN DETAIL THE DISTINCTIVE FEATURES OF WOODEN BEAMS REINFORCING WITH THE FIBERGLASS ARMATURE

***Sergej Maksimov***

*candidate of Science, assistant professor, Dean of the faculty of engineering  
and technology, South Ural State University, Zlatoust branch,  
Russia, Zlatoust*

***Julija Bashkova***

*senior lecturer, Department of industrial and civil construction,  
South Ural State University, Zlatoust branch,  
Russia, Zlatoust*

***Anna Shkurkina***

*student, South Ural State University, Zlatoust branch,  
Russia, Zlatoust*

***Eugene Vshivkov***

*student, South Ural State University, Zlatoust branch,  
Russia, Zlatoust*

## АННОТАЦИЯ

Показана возможность и необходимость армирования деревянных балок стеклопластиковой арматурой для повышения несущей способности. Рассмотрены основные конструктивные и технологические особенности армирования элементов деревянных конструкций стеклопластиковой арматурой.

## ABSTRACT

It is shown the ability and necessity of wooden beams reinforcing with the fiberglass armature to increase the load-carrying ability. It is discussed the main constructional and technological distinctive features of elements of wooden structures reinforcing with the fiberglass armature.

**Ключевые слова:** деревянная балка; брус; несущая способность; повышение прочности; стеклопластиковая арматура; особенности армирования; схема армирования; создание преднапряженного состояния; технология непрерывного поточного армирования.

**Keywords:** wooden beam; load-carrying ability; strength improving; fiberglass armature; distinctive features of reinforcing; schematic view

of reinforcing; creation of precompressed state; technology of continually productionizing reinforcing.

Рост темпов индивидуального строительства поднимает вопрос рационального использования материалов, сокращения себестоимости и повышения эксплуатационных характеристик конструкций. Наиболее популярным материалом, как для отделки помещений, так и возведения несущих элементов домов и прочих построек является древесина, которая обладает рядом неоспоримых преимуществ [3]. Использование древесины, как экологического материала, при сокращении материалоемкости и сохранении прочностных характеристик элементов деревянных конструкция является актуальной задачей [1].

Анализ показывает, что основным недостатком древесины является ее неоднородность, ввиду наличия сучков. Для повышения эстетических и прочностных свойств используют удаление дефектных мест и сращивание. При этом используют распространенный вид клеевых соединений зубчатым шипом. В этом случае прочность при растяжении составляет 90 % не стыкованной древесины без пороков. Однако использование данного метода снижает прочность в виду того, что зубчатое соединение занимает всю площадь поперечного сечения и разрушение деревянной клееной конструкции происходит по нижнему растянутому слою. Таким образом, в изгибаемых элементах удаление пороков не повышает несущую способность за счет склеивания материала 1-го сорта, а обладает той же прочностью в растянутой зоне, что и не стыкованная по длине древесина 3 сорта. Кроме данного способа на практике часто используют изготовление сборных балок по типу ферм [2]. Этот способ существенно повышает несущую способность деревянных конструкций, однако нарушает целостность и красоту массива древесины, поскольку требует скртия сложного конструктива внутренней части.

Известен и способ армирования деревянных балок как стальной, так и стеклопластиковой арматурой [4]. При этом в литературе, для стальной арматуры, приводятся основные правила конструирования деревянных армированных балок:

- поперечное сечение балок конструируется, как правило, прямоугольным постоянной высотой, при экономическом обосновании — двутавровым или коробчатым;
- высота поперечного сечения назначается от  $1/15$  до  $1/20$  от длины балки, ширина сечения принимается с учетом существующего сортамента пиломатериалов;

- рекомендуется симметричное армирование в сжатой и растянутой зонах;

- рациональный процент армирования 1,2...3,5 %.

Стеклопластиковая арматура (СПА) обладает рядом значительных преимуществ [5]:

- меньшая в 5 раз масса, по сравнению с металлической арматурой;

- высокая коррозионная стойкость;

- непрерывный цикл производство СПА любой строительной длины и др.

Проведенные исследования показали, что армированные металлическими прутками деревянные балки обладают несущей способностью в 2 раза выше, по сравнению с клеюшатыми, и в три раза выше, чем балки составного сечения на податливых связях. При повышенной несущей способности армированные балки имеют наименьший прогиб при приложении максимальной нагрузки.

Для СПА, подобно металлической, разработаны методы и схемы армирования деревянных балок. Однако имея значительные преимущества, производители строительных материалов сталкиваются с рядом специфических особенностей применения СПА для армирования деревянных балок, поэтому распространение такого, казалось бы, эффективного направления строительной отрасли не получает широкого распространения. Рассмотрим эти особенности.

1. Глянцевая поверхность арматуры. При использовании в качестве клеевой композиции эпоксидных или полиэфирных смол и затвердевании данного состава образуется глянцевая поверхность. Как показывают исследования, последующее клеевое сцепление с такой поверхностью имеет малую прочность, поэтому при использовании СПА и вклейке ее в деревянную балку целесообразно обработать ее, придав ей матовую поверхность. Данная технология широко известна, например, при бесцентровом шлифовании тонких прутков. Однако нужно учитывать, что обработка и снятие внешней навивки СПА является недопустимым в виду ее эксплуатационного назначения. Поэтому устройство зачистки поверхности должно учитывать шаг винтовой навивки и не допускать ее, хоть и незначительной обработки. Избежать негативного эффекта глянцевой поверхности можно на этапе производства СПА, укладывая ее в не затвердевшем состоянии в заранее обработанный паз деревянной балки. Однако вопросы натяжения и фиксации пропитанного клеем сплетенного ровинга, а затем и сушки при условии поточного производства вызывает массу сложных технических задач.

2. Фиксация арматуры в балке. Свойства клеевого состава для сцепления СПА и массива древесины должны обеспечивать прочность и возможность незначительного циклического деформирования балок без потери качества сцепки. Поэтому состав, условия сушки и объем необходимой клеевой массы требует тщательного изучения.

3. Схема армирования. При выборе схем армирования необходимо определить «золотую середину» между количеством, частотой расположения, геометрическими размерами армирующих элементов, прогнозируемым повышением прочностных характеристик и стоимостью готовой балки. Поэтому разработка, например, прикладного программного обеспечения для учета этих факторов является необходимым условием решения вопроса активного перехода на технологию армирования.

4. Вскрытое расположение армирующих элементов. Поскольку работа ведется с массивом древесины, то армирование предполагает внешнюю закладку прутков в балку. Вопрос разработки технологии скрытия армирующих элементов для обеспечения высоких эстетических свойств является актуальной задачей. При этом необходимо учитывать внешнее расположение накладки, которая будет испытывать значительные деформации при восприятии балкой нагрузок и выбор метода и технологии крепления этого элемента, что требует проведения дополнительных исследований.

5. Низкий модуль Юнга. Как показывают практика при массе своих неоспоримых преимуществ, СПА обладает, однако относительно высокой податливостью при упругом изгибе. Это при известных схемах и технологиях армирования негативно сказывается на приросте прочностных характеристик армируемых балок.

Разработка эффективных способов и схем армирования является актуальной задачей в области современных конструкционных материалов и технологий их создания. Детальное решение вышеперечисленных вопросов, а также разработка технологий непрерывного поточного армирования при обеспечении плотного прижима и фиксации СПА во время сушки клеевого состава, проектирование операций зачистки поверхности содержащей армирующие элементы, создание преднапряженного состояния арматуры для повышения прочностных характеристик позволит эффективно использовать данный полифункциональный материал в строительной индустрии.

### **Список литературы:**

1. Линьков И.М. Снижение материалоемкости деревянных конструкций / И.М. Линьков. М.: Стройиздат, 1974. — 48 с.
2. Металло-деревянная балка. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://www.garus.ru/production/balka/> (дата обращения 12.04.2015).
3. Пособие по проектированию деревянных конструкций (к СНиП П-25-80) /ЦНИИСК им. Кучеренко. М.: Стройиздат, 1986. — 216 с.
4. Рощина С.И. Армированные деревянные конструкции / С.И. Рощина // Архитектура и строительство России. — № 3, — 2008. — С. 34—39.
5. Щуко В.Ю. Клееные армированные деревянные конструкции / В.Ю. Щуко, С.И. Рощина // Учебное пособие. Владимир, ВлГУ, 2008. — 82 с.

## СЕКЦИЯ 6.

### ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ, РАДИОТЕХНИКА

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАКУУМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТЕЧЕИСКАТЕЛЕЙ

*Смирнов Дмитрий Юрьевич*

*магистрант Арзамасского политехнического института  
(филиала) Нижегородского государственного технического  
университета им. Р.Е. Алексеева,*

*РФ, г. Арзамас*

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

*Рябикина Татьяна Владимировна*

*канд. техн. наук, доцент Арзамасского политехнического института  
(филиала) Нижегородского государственного технического*

*университета им. Р.Е. Алексеева,*

*РФ, г. Арзамас*

*E-mail: [uchsovet@apingu.edu.ru](mailto:uchsovet@apingu.edu.ru)*

# RESEARCH OF THE INFLUENCE OF POLLUTION OF INTERNAL SURFACES OF THE VACUUM EQUIPMENT TO EXPLUATATION PERFORMACE OF THE LEAK DETECTORS

*Dmitry Smirnov*

*master student of Arzamas Polytechnic Institute (subsidiary)  
Nizhny Novgorod State Technical University named of R. Alekseev,  
Russia, Arzamas*

*Tatiana Ryabikina*

*candidate of Science, assistant professor of Arzamas Polytechnic Institute  
(subsidiary) Nizhny Novgorod State Technical University  
named of R. Alekseev,  
Russia, Arzamas*

## АННОТАЦИЯ

Представлены результаты исследований по выявлению оптимальной технологии очистки внутренних поверхностей вакуумного оборудования. Определена зависимость минимальной пороговой чувствительности от среднего фонового сигнала течеискателя. Выявлен характер изменения показаний течеискателей под воздействием различных методов очистки вакуумной камеры.

## ABSTRACT

The results of researching of detection optimal technology for cleaning the inner surface of vacuum equipment. The dependence of the minimum threshold of sensitivity of the average background signal leak detector. The character changes indications leak detectors under the influence of different methods of cleaning the vacuum chamber.

**Ключевые слова:** течеискатель; очистка поверхностей; вакуумная камера.

**Keywords:** leak detector; cleaning of the surface; vacuum cell.

Авиационные приборы находят применение, как в гражданской, так и в военной авиации и технике. Важным этапом проверочного контроля является контроль герметичности прибора, который устанавливает степень его годности. Для этих целей используются методы неразрушающего контроля. Проверка герметичности, требующая особой точности, осуществляется с помощью различного рода течеискателей.

Общеизвестно, что несоблюдение правил эксплуатации, отсутствие необходимого микроклимата в помещении (влажность, температура, давление, запыленность), а также наличие загрязнений на внутренних поверхностях вакуумной системы течеискателя искажают действительные показания и могут быть причиной уменьшения срока эксплуатации чувствительных элементов самих течеискателей.

Загрязнения на рабочих поверхностях деталей прибора, имеющих непосредственный контакт с вакуумной средой, могут возникать при их контакте с руками рабочего, в результате плохой предварительной очистки поверхностей, контакте с недостаточно очищенными поверхностями системы, запыленности окружающего воздуха. Поэтому, необходимо проводить специальные методы очистки этих поверхностей.

Гелиевые масс-спектрометрические течеискатели позволяют осуществлять 3 способа контроля герметичности: метод обдува, метод щупа и метод вакуумной камеры. Метод контроля выбирается в зависимости от конструктивных особенностей тестируемой детали (изделия) и требуемой точности измерения.

Для проверки герметичности газонаполненных объектов в большинстве случаев используется вакуумная камера. Для проведения испытаний изделие заполняется гелием и герметизируется, затем помещается в вакуумную камеру. Камера присоединяется к течеискателю и воздух откачивается до рабочих давлений. На основании показаний течеискателя регистрируется герметичность изделия по нарастанию гелиевого фона. Вакуумная камера представлена на рисунке 1.



*Рисунок 1. Вакуумная камера, установленная на течеискателе ТИ 1-22 «ГЕЛМАСС»*

С целью определения степени влияния загрязнений на показания, был проведен анализ зависимости минимальной пороговой чувствительности прибора от среднего фоновый сигнала течеискателя. Испытания проводились на течеискателе ТИ 1-22 «Гелмасс» с использованием в качестве вакуумной камеры цилиндрического стального колпака из коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т, расположенного на резиновом основании откачного поста [1]. График представлен на рисунке 2, данные сведены в таблицу 1.

Минимальное пороговое значение чувствительности течеискателя определялось по формуле [2]:

$$Q_{min} = \frac{Q_{\Gamma}}{(\alpha_{\phi} - \alpha_{\text{гелита}}) \times 100}, \quad (1)$$

где:  $Q_{\Gamma}$  — фиксированная величина калиброванной течи, устанавливается заводом изготовителем.  $Q_{\Gamma} = 9,08 \times 10^{-9} \text{ м}^3 \text{ Па/с}$ ;

$\alpha_{\phi}$  — фоновый сигнал, измеряемый в процессе испытания, мВ;

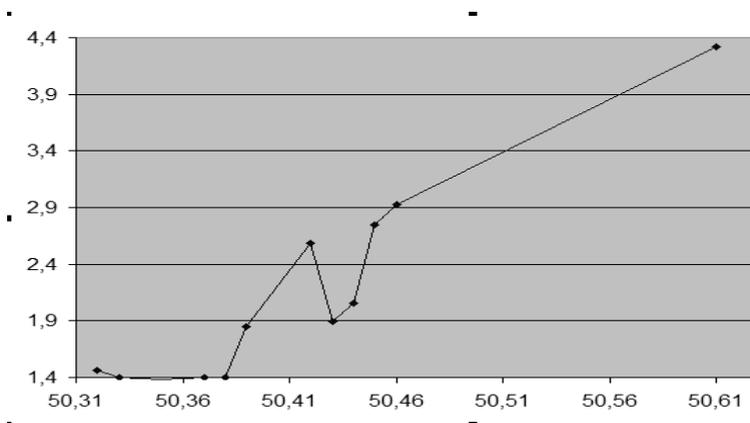
$\alpha_{\text{гелита}}$  — фоновый сигнал объекта при включении гелита, мВ.

Множитель 100 вводится в соответствии с ценой деления, указанной на приборе, для перевода значения сигнала из мВ в условные единицы.

**Таблица 1.**

**Показания течеискателя ТИ 1-22**

№ измерения	$\alpha_{\phi}$ в режиме прямоток, мВ	$Q_{\Gamma}$ , м <sup>3</sup> Па/с	$\alpha_{\text{гелита}}$ в режиме прямоток, мВ.	$Q_{min}$ , $\times 10^{-10}$ м <sup>3</sup> Па/с
1	50,44	$9,08 \times 10^{-9}$	50,88	2,06
2	50,45		50,78	2,75
3	50,39		50,88	1,85
4	50,43		50,91	1,89
5	50,42		50,77	2,59
6	50,61		50,82	4,32
7	50,32	$9,08 \times 10^{-9}$	50,94	1,46
8	50,46		50,77	2,93
9	50,35		51,01	1,38
10	50,33		50,98	1,40
11	50,37		51,02	1,40
12	50,38		51,03	1,40



**Рисунок 2. Зависимость минимальной чувствительности течеискателя от фонового сигнала**

Результаты измерений и расчетов показали, что одним из основных факторов, влияющих на искажение показаний течеискателя, является наличие загрязнений на поверхности вакуумной камеры. Частицы загрязнений откачиваются из вакуумной полости вместе с воздухом насосом и попадают на чувствительный элемент течеискателя. Это также может привести к преждевременному выводу течеискателя из строя и снижению его эксплуатационных показателей.

С целью выделения наиболее значимого фактора, влияющего на показания течеискателя, выполнены следующие исследования. На течеискателях ТИ 1-22 и ASM 192Т были установлены одинаковые вакуумные камеры, которые проходили поэтапную очистку различными методами (см. табл. 2, 3), внутри камер помещались образцы, имитирующие поверхности корпусов авиационных приборов. Имитаторы не очищались после механической обработки. В таблицах 2,3, а также на графиках 3,4 представлены полученные результаты.

Установлено, что состояние поверхностей вакуумной камеры оказывает ощутимое влияние на показания течеискателей. Загрязнения на поверхностях образцов-имитаторов не внесли значимых изменений по причине малой площади поверхности образцов. Дополнительные шумы сигналов и погрешности, вызываемые выделением в вакуум частиц с этих поверхностей, не ощутимы на фоне десорбции загрязнений с поверхности вакуумной системы и, в частности, вакуумной камеры.

Таблица 2.

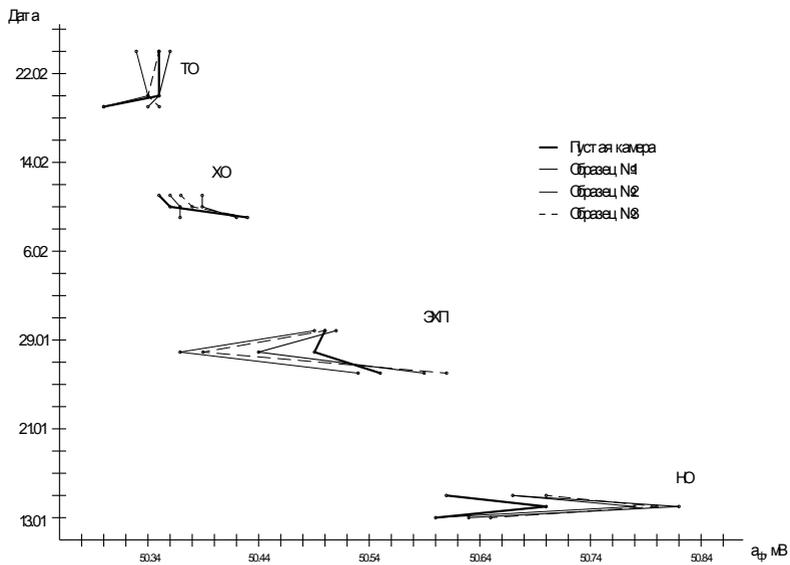
## Показания теческателья ТИ 1-22

Дата	Показания				Вид обработки
	Пустая вакуумная камера	Образец № 1 (Д16Т)	Образец №2 (79НМ)	Образец №3 (12Х18Н10Т)	
13.01	50.60	50.63	50.60	50.65	Неочищенная камера
14.01	50.70	50.82	50.78	50.80	
15.01	50.61	50.67	50.67	50.70	
26.01	50.55	50.59	50.61	50.53	После ЭХП
28.01	50.49	50.44	50.39	50.37	
30.01	50.50	50.51	50.50	50.49	После ЭХП
09.02	50.43	50.42	50.42	50.37	Химическое обезжиривание
10.02	50.36	50.39	50.38	50.37	
11.02	50.35	50.39	50.36	50.36	
19.02	50.30	50.34	50.30	50.35	Термическая обезгаживание
20.02	50.35	50.35	50.34	50.34	
24.02	50.35	50.36	50.33	50.35	

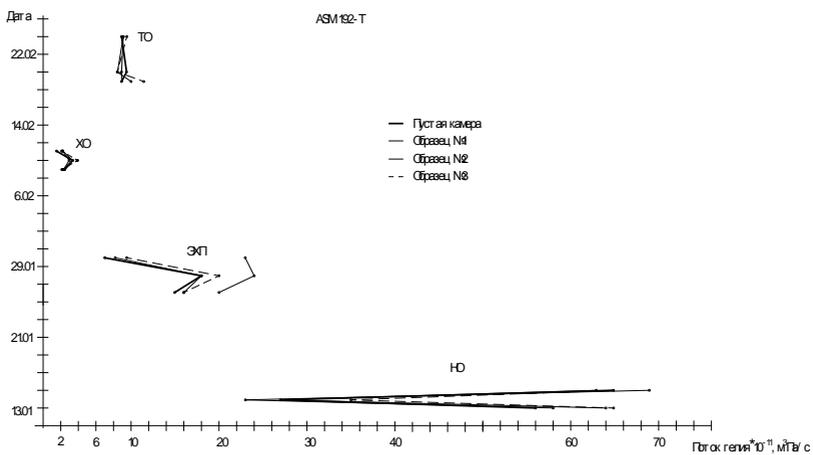
Таблица 3.

## Показания теческателья ASM 192Т

Дата	Показания				Вид обработки
	Пустая вакуумная камера	Образец № 1 (Д16Т)	Образец № 2 (79НМ)	Образец № 3 (12Х18Н10Т)	
13.01	$5,6 \times 10^{-10}$	$6,4 \times 10^{-10}$	$5,8 \times 10^{-10}$	$6,5 \times 10^{-10}$	Неочищенная камера
14.01	$2,7 \times 10^{-10}$	$2,7 \times 10^{-10}$	$2,3 \times 10^{-10}$	$3,5 \times 10^{-10}$	
15.01	$6,5 \times 10^{-10}$	$6,3 \times 10^{-10}$	$6,9 \times 10^{-10}$	$6,9 \times 10^{-10}$	
26.01	$1,5 \times 10^{-10}$	$1,6 \times 10^{-10}$	$2,6 \times 10^{-10}$	$1,6 \times 10^{-10}$	После ЭХП
28.01	$1,8 \times 10^{-10}$	$1,8 \times 10^{-10}$	$2,4 \times 10^{-10}$	$2,0 \times 10^{-10}$	
30.01	$7,0 \times 10^{-11}$	$8,5 \times 10^{-11}$	$1,0 \times 10^{-11}$	$9,0 \times 10^{-11}$	
09.02	$2,5 \times 10^{-11}$	$2,6 \times 10^{-11}$	$2,5 \times 10^{-11}$	$2,6 \times 10^{-11}$	Химическое обезжиривание
10.02	$3,4 \times 10^{-11}$	$3,5 \times 10^{-11}$	$2,9 \times 10^{-11}$	$3,9 \times 10^{-11}$	
11.02	$1,6 \times 10^{-11}$	$2,5 \times 10^{-11}$	$2,3 \times 10^{-11}$	$2,4 \times 10^{-11}$	
19.02	$9,0 \times 10^{-11}$	$9,0 \times 10^{-11}$	$1,0 \times 10^{-10}$	$1,3 \times 10^{-10}$	Термическое обезгаживание
20.02	$9,5 \times 10^{-11}$	$9,0 \times 10^{-11}$	$8,5 \times 10^{-11}$	$8,4 \times 10^{-11}$	
24.02	$9,0 \times 10^{-11}$	$9,2 \times 10^{-11}$	$9,1 \times 10^{-11}$	$9,0 \times 10^{-11}$	



**Рисунок 3. Зависимость фонового сигнала течейскаателя ТИ 1-22 от способа очистки**



**Рисунок 4. Зависимость показаний течейскаателя ASM 192T от способа очистки**

Данные, полученные в ходе наблюдений, позволяют определить характер изменения показаний течеискателей под воздействием тех или иных методов очистки вакуумной камеры, но не дают возможности судить об эффективности каждого метода. Дальнейшие исследования позволят установить оптимальную технологию очистки поверхностей вакуумной арматуры для повышения эксплуатационных показателей течеискателей.

### **Список литературы:**

1. Смирнов Д.Ю., Рябикина Т.В. XI Международная молодежная научно-техническая конференция «Будущее технической науки» Н. Новгород. // Исследование влияния загрязнений поверхностей вакуумной техники на работоспособность и точность ее показаний 2014. — С. 124—125.

## **СЕКЦИЯ 7.**

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

#### **ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ДЫМОВЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТРУБ**

***Дудочкин Игорь Борисович***

*начальник лаборатории неразрушающего контроля, эксперт  
ООО «ЭкспертСервисПроект», РФ, г. Уфа  
E-mail: [dudochkin0809@mail.ru](mailto:dudochkin0809@mail.ru)*

***Овчинников Ярослав Валерьевич***

*зам. генерального директора по диагностике, эксперт  
ООО «ЭкспертСервисПроект», РФ, г. Уфа  
E-mail: [lnk-ufa@mail.ru](mailto:lnk-ufa@mail.ru)*

***Кухта Михаил Валерьевич***

*специалист лаборатории неразрушающего контроля  
ООО «ЭкспертСервисПроект», РФ, г. Уфа  
E-mail: [Kuhta\\_Michael111@mail.ru](mailto:Kuhta_Michael111@mail.ru)*

***Шишкина Елена Анваровна***

*начальник отдела экспертизы зданий и сооружений, эксперт  
ООО «ЭкспертСервисПроект», РФ, г. Уфа  
E-mail: [shishkinaea100477@rambler.ru](mailto:shishkinaea100477@rambler.ru)*

***Зарилова Гузель Ураловна***

*специалист отдела экспертизы зданий и сооружений  
ООО «ЭкспертСервисПроект», РФ, г. Уфа  
E-mail: [guzel.uralovna@gmail.com](mailto:guzel.uralovna@gmail.com)*

## CONSTRUCTION METHODS OF INDUSTRIAL CHIMNEY

**Igor Dudochkin**

*a head of the nondestructive testing laboratory, an expert  
Ltd. "ExpertServisProekt",  
Russia, Ufa*

**Yaroslav Ovchinnikov**

*deputy director general of diagnosis, an expert Ltd. "ExpertServisProekt",  
Russia, Ufa*

**Michael Kuhta**

*expert of the nondestructive examination laboratories, expert visual  
and measuring testing level II Ltd. "ExpertServisProekt", Russia, Ufa*

**Elena Shishkina**

*a head of buildings and structures department, an expert  
Ltd. "ExpertServisProekt",  
Russia, Ufa*

**Guzel Zaripova**

*a specialist of buildings and structures department  
Ltd. "ExpertServisProekt",  
Russia, Ufa*

### АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены наиболее распространенные способы возведения дымовых промышленных труб.

### ABSTRACT

This article considers the most popular methods of the industrial chimney construction.

**Ключевые слова:** дымовая труба; кирпичная труба; железобетонная труба; металлическая труба; строительство; фундамент; ствол.

**Keywords:** chimney; masonry chimney; reinforced concrete chimney; metal chimney; construction; foundation, trunk.

При техническом диагностировании дымовых промышленных труб, для понимания причин возникновения тех или иных дефектов, предотвращения их появления в дальнейшем, необходимо знать

и учитывать материалы, из которых изготовлен объект, их свойства, особенности работы в различных условиях, а так же саму технологию строительства трубы, что позволяет изначально с большей вероятностью определить те элементы конструкции, которые наиболее подвержены образованию дефектов.

При появлении первых дымовых труб, они строились из кирпича (см. рис. 1). Он долгое время и оставался для них главным материалом. Множество таких сооружений и по сей день находится в эксплуатации. В основном они принадлежат предприятиям тепловых сетей и котельным различных заводов. Недостатки кирпича стали очевидны с ростом высоты строящихся труб. Стало ясно, что прочностные пределы кирпича не удовлетворяют новым требованиям, он недостаточно хорошо работает на сжатие. Строители еще некоторое время пытались возводить трубы большой высоты из старого материала, подбирая сам кирпич и связующие растворы с особыми качествами. Самая высокая в мире кирпичная труба появилась в 1919 году в США, в городе Анаконда, штат Монтана, ее высота 178,3 м, диаметр у основания 23 м, у вершины 18 м, толщина стены у основания 1,8 м. Однако, уже в двадцатые годы прошлого века на смену кирпичу пришел бетон (см. рис. 2). Но кирпич не утратил актуальности. В нашей стране свидетельством этому является массовое возведение относительно невысоких промышленных кирпичных труб в пятидесятых — восьмидесятых годах прошлого века, которые мы до сих пор можем наблюдать на огромном количестве предприятий. Кроме железобетонных и кирпичных, широкое распространение получили металлические дымовые трубы, кроме того, появились трубы из композитных материалов.

Любая дымовая труба представляет собой стержень, консольно заземленный в основании. Под трубой заливается бетонная плита. Если плита опирается на сваи, ее площадь можно сделать меньше, если не опирается, приходится эту площадь увеличивать. Над плитой устанавливается стакан — круглое основание для трубы. Для сооружения железобетонных труб используют в настоящее время два метода — подъемно-переставной опалубки и скользящей опалубки. Первый метод проще и дешевле, но гораздо сложнее и уступает в качестве ствола.

При строительстве методом подъемно-переставной опалубки внутри будущей трубы, на фундаменте устанавливают «шахтный подъемник». Это специальная наращиваемая решетчатая конструкция. С ее помощью поднимают арматуру и бетон. Кроме того, она является опорой электромеханического подъемника — «подъемной головки», к которому подвешивается круглая площадка, с которой свисает

внешняя часть опалубки. Внутренняя (переставная) часть опалубки монтируется дополнительно. После сборки и закрепления опалубки, в нее устанавливают арматуру и заливают бетонный раствор. Застывая, бетон обретает конструктивную прочность, после этого площадку поднимают, и процесс повторяется. Труба нарастает кольцами, каждое из которых имеет внутренний выступ, который называется консолью. Консоль служит для крепления внутренней оболочки трубы — футеровки. Футеровку выполняют из огне- и кислотоупорного кирпича. Она состоит из отдельных колец, при этом каждое опирается на свою консоль. Между футеровкой и железобетонным стволом находится теплоизолирующая прослойка из минеральной ваты. Бывают случаи, когда между стволом и футеровкой оставляют пространство, не заполненное минеральной ватой.



*Рисунок 1. Кирпичная дымовая труба*

Такая конструкция трубы должна защитить сооружения от негативного влияния отводимых газов, имеющих высокую температуру. Кроме температурного воздействия, газы могут вызвать образование в трубе агрессивной кислотной среды. В них присутствуют соединения серы, и в случае если в трубе образуется «точка росы», начинается конденсация газообразных отходов. Особенно это становится опасным, если в качестве топлива для котлов используется мазут. Так как в трубе присутствует водяной пар, то сернистые соединения дают с ним серную кислоту. Образование такого агрессивного конденсата представляет для

трубы большую опасность. Если имеет место сильный перепад температур наружного воздуха и дымовых газов внутри трубы, начинается миграция влаги: проникая внутрь железобетонного ствола, кислота начинает разъедать арматуру и камень. На наружной поверхности труб иногда можно увидеть белесые пятна — это и есть конденсат, проникающий сквозь футеровку и ствол. Зимой такая влага превращается в лед. Чтобы снизить проницаемость футеровки для конденсата, футеровку покрывают специальными составами. При наладке котлов стараются добиться такой температуры отводимых газов, чтобы избежать возникновения «точки росы» внутри трубы. Если же котлы работают на угле, тогда образуется налет, который хорошо защищает кирпич футеровки.



***Рисунок 2. Железобетонная дымовая труба***

Кроме метода подъемно-переставной опалубки, последние 50 лет используется и метод скользящей опалубки. Его родоначальники — шведы. Суть метода заключается в том, что рабочая площадка с опалубкой поднимается на домкратных стержнях, которые остаются в бетоне. Укладка бетона идет слоями по 20—30 см, как только слой обретает конструктивную прочность, на него укладывается следующий. Такой метод позволяет наращивать трубу без разбора и сбора опалубки, строительный процесс практически непрерывен. Скорость подъема ствола трубы 3 м в сутки и более. Недостатком метода является его большая сложность, невозможность применения при минусовых температурах (постоянно подающийся жидкий раствор может замерзнуть), оборудование для него изготавливают лишь зарубежные фирмы, необходимость наличия больших мощностей для непрерывного подвоза бетона.

Для того чтобы возводить трубы зимой, используют специальное сооружение — «тепляк», окружающее строительную площадку. В нем положительная температура поддерживается с помощью калорифера.

Альтернативой кирпичным и железобетонным трубам служат трубы металлические (см. рис. 3). Для объектов небольшой производительности дымовая металлическая труба представляет собой сооружение из ствола, как правило, это несколько секций, соединенных стыковыми сварными швами, которые часто усиливают накладками или косынками. Это могут быть как пластины, так и уголок. Ствол устанавливается на металлическую опорную плиту, лежащую на бетонном основании и крепящуюся к нему анкерными болтами. Ствол приваривается к плите и дополнительно проводится усиление этого узла косынками, которые соединяют сварным швом с одной стороны со стволом трубы, а с другой с опорной плитой. Для устойчивости трубу снабжают растяжками, иногда в несколько поясов, которые крепятся на бетонные якоря. Подвод дымовых газов от котлов к трубе осуществляется с помощью газоходов. Газоходы могут быть надземными и подземными. Обычно они выложены из кирпича, надземная часть оштукатурена, однако, встречаются и газоходы, выполненные из металлических труб. Часто используются дымососы. Как правило, такие трубы отдельно стоящие.



*Рисунок 3 Отдельно стоящая металлическая труба*

На объектах, требующих применение более крупных и высоких труб, часто применяют трубы, закрепленные в несущем портале, который является решетчатой фермой. Возведение металлических труб проще технологически, их проще ремонтировать, но они менее долговечны. Для подъема металлических колец используют тяжелые краны. Из-за дороговизны этих машин строители стали использовать и другой способ монтажа. На всю высоту трубы строится решетчатая легкосборная ферма, а уже внутри нее монтируют трубу из металлических колец. Ее наращивают или сверху (секции поднимаются вверх лебедками), или снизу, тогда построенная часть поднимается на домкратах.

Как видим, сооружение трубы сложный процесс, на каждом этапе которого могут возникнуть дефекты, которые впоследствии, со временем, а особенно при неблагоприятных условиях эксплуатации, к примеру, при поступлении химически агрессивных газов с влажностью выше и температурой ниже проектных значений, могут значительно сократить срок службы трубы, или привести к необходимости сложного и дорогостоящего ремонта. При экспертизе промышленной безопасности, специалистам ее проводящим, приходится учитывать всю совокупность факторов, влияющих на техническое состояние трубы с момента ее возведения и далее, на протяжении всего времени работы сооружения.

### **Список литературы:**

1. Справочная нормативная система NormaCS. Лицензия 41456/NCS-2013 выдана ООО «ЭкспертСервисПроект», г. Уфа.
2. СП 13-101-99 Правила надзора, обследования, проведения технического обслуживания и ремонта промышленных дымовых и вентиляционных труб. Приняты и введены в действие постановлением Госстроя России от 14.07.1999 г. № 2.

## **СЕКЦИЯ 8.**

### **ИНЖИНИРИНГОВЫЕ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ПЛАТФОРМЫ**

#### **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ НА ВИРТУАЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ**

***Демин Анатолий Владимирович***

*д-р техн. наук, зав. кафедрой оптико-цифровых систем и технологий,  
профессор Санкт-Петербургского национального исследовательского  
университета информационных технологий, механики и оптики,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [dav\\_60@mail.ru](mailto:dav_60@mail.ru)*

***Денисов Андрей Васильевич***

*вед. инженер кафедры оптико-цифровых систем и технологий,  
аспирант Санкт-Петербургского национального исследовательского  
университета информационных технологий, механики и оптики,  
РФ, г. Санкт-Петербург  
E-mail: [www.denisoff@mail.ru](mailto:www.denisoff@mail.ru)*

# DEVELOPMENT AND STUDY OF MATHEMATICAL MODELS FOR REMOTE SENSING THE EARTH'S SURFACE ON VIRTUAL RANGE

*Anatoly Demin*

*Ph.D., Head. Chair of opto-digital systems and technologies, professor of St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Russia, St. Petersburg*

*Andrey Denisov*

*vedas. engineer of the department optical-digital systems and technologies, a graduate student of the St. Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics, Russia, St. Petersburg*

## АННОТАЦИЯ

Разработка и исследование оптико-цифровых систем дистанционного зондирования поверхности Земли в оптическом диапазоне спектра излучения является сложной задачей не только при проектировании, разработке и испытаниях, но и при непосредственной эксплуатации. Выход из сложившегося положения лежит в разработке математических, имитационных моделей в совокупности с применением натурального экспериментального стенда позволяющего разрабатывать имитационные виртуальные полигоны с базами данных моделей и вариаций различных ситуаций, возможных в процессе реальной эксплуатации.

## ABSTRACT

Development and research of optical-digital systems for remote sensing the Earth's surface in the optical range of the emission spectrum is a challenge not only for the design, development and testing, but also for the immediate operation. Out of the situation lies in the development of mathematical, simulation models in conjunction with the use of full-scale test bench allows the development of virtual simulation polygons database models and variations of the various situations possible during the actual operation.

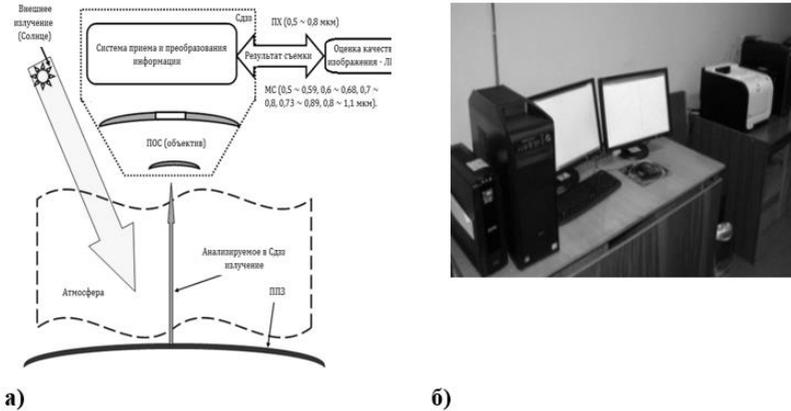
**Ключевые слова:** оптико-цифровая система; дистанционное зондирование поверхности Земли; виртуальный полигон.

**Keywords:** optical-digital system; remote sensing surface of the Earth; a virtual training ground.

Современный этап развития перспективных космических средств мониторинга поверхности Земли характеризуется продолжительным ростом числа и многообразия исследовательского оптико-цифрового оборудования, входящего в состав космического аппарата, выводимого на солнечно-синхронные, околокруговые, полярные, геостационарные и эллиптические орбиты. Одной из важнейших задач космического исследования является дистанционное зондирование поверхности Земли в оптическом диапазоне спектра излучения, что позволяет решать задачи мониторинга, геодезии и картографии, а также специальные задачи в реальном масштабе времени. Свыше 15 стран располагают собственными перспективными космическими аппаратами с оптико-цифровыми системами дистанционного зондирования, а общее число одновременно функционирующих спутников достигает нескольких десятков.

Создание высокоточных и надежных систем дистанционного зондирования является многоэтапным и многофакторным процессом. Следует отметить, что научно-технические проблемы, возникающие при этом, требуют необходимости проведения большого объема теоретических и экспериментальных исследований, производства и испытаний, максимально обеспечивающих формирование космических комплексов, отвечающим реальным тактико-техническим зачетным требованиям, что приводит к значительному времени их разработки и переносам сроков опытно-конструкторских работ организациями-разработчиками. Выход из сложившейся ситуации лежит в применении методов совместного компьютерного имитационного и натурального моделирования (как на этапе создания, так и эксплуатации) на современных компьютерных стендах при возможности проведения всех сопутствующих работ, что позволяет обеспечивать принятие оптимального схмотехнического решения для перспективных космических систем с последующей его реализацией. Таким образом, основной задачей имитационного моделирования процесса целевого применения оптико-цифровых систем дистанционного зондирования является, в первую очередь, обеспечение высокой адекватности разрабатываемой модели. Для решения данной задачи необходим наиболее полный учет факторов дистанционного зондирования поверхности Земли в оптическом диапазоне спектра излучения (технических характеристик целевой и обеспечивающей аппаратуры, параметров фоноцелевой обстановки, условий наблюдения, особенностей решаемой задачи, средств обработки результатов наблюдения) и использования адекватных имитационных моделей их влияния. Однако соблюсти все данные характеристики со своими разнообразными физическими процессами очень

сложно, что приводит к значительной алгоритмической сложности математических моделей и необходимости приведения их в единый алгоритм на так называемом виртуальном полигоне с использованием высокопроизводительных вычислительных стендов (рисунок 1).



**Рисунок 1. Схема приема и преобразования информации системы дистанционного зондирования (а) и программно-аппаратный стенд ЗАО «НПФ «ИнфоСистем-35» для процесса целевого применения дистанционного зондирования (б)**

Где результатом является изображение, полученное в двух режимах съемки — панхроматическом (ПХ) и мультиспектральном (МС) диапазоны которых представлены в соответствии с рисунок 1а (как правило, съемка осуществляется в двух данных режимах, при этом изображение, полученное в результате ПХ съемки в два раза превышает (лучше) качество МС съемки, диапазон которого представляется в виде отдельных спектральных диапазонов);

программно-аппаратный стенд представляет собой имитатор цепи — «КОСМОС-ЗЕМЛЯ», где комплексы представляют собой стенд оптико-цифровой системы и наземного пункта приема и преобразования информации.

Таким образом, совместное применение имитационного и натурального моделирования на виртуальном полигоне является перспективной и актуальной не только на сегодняшний день, но и на последующие десятки лет.

Принцип работы оптико-цифровой системы в космосе представляет собой процесс анализа энергии в оптическом диапазоне (0,5 ~ 1,1 мкм),

отраженной или излученной подстилающей поверхностью Земли. Поэтому получаемую со спутника информационный сигнал на наземный пункт можно рассматривать как результат прохождения информации от подстилающей поверхности Земли (ППЗ) через оптико-электронный тракт, состоящий из атмосферы и возмущений (турбулентности, фонов, помех и т. д.), системы приема и преобразования информации (СППИ) и приемной оптической системы (ПОС). Математическую модель системы дистанционного зондирования поверхности Земли (ДЗЗ) в рамках теории линейных систем представима в виде следующего функционала [3]

$$A_{C_{DЗЗ}} = \{B_{\text{Атмосферы}} \otimes C_{\text{Атм. возмущений}} \otimes D_{\text{Съемки}} \otimes E_{\text{СППИ}} \otimes F_{\text{ПОС}}\},$$

где:  $\{B_{\text{Атмосферы}} \otimes C_{\text{Атм. возмущений}} \otimes D_{\text{Съемки}} \otimes E_{\text{СППИ}} \otimes F_{\text{ПОС}}\}$  — суперпозиции оптических свойств атмосферы, оптических возмущений, изображение объекта съемки и способов приёма и обработки оптической информации.

Принципиальной задачей математического моделирования является адаптация и доработка уже существующих методов, подходов и технологий к специфике постановки компьютерных экспериментов над моделью дистанционного зондирования и отображения их адекватных результатов. Архитектура по формированию динамических сцен для получения априорных (прогнозных) показателей процесса целевого применения оптико-цифровой системы создается в результате работы имитируемых критериев и заданных условий, занесенных в общий программный аппарат виртуального полигона [4].

Формой реализации виртуального полигона является среда имитационного моделирования, которая содержит следующие подсистемы [2]:

Ядро виртуального полигона, представляющее собой следующие подсистемы:

- библиотека математики (стандартные и сложные математические объекты);

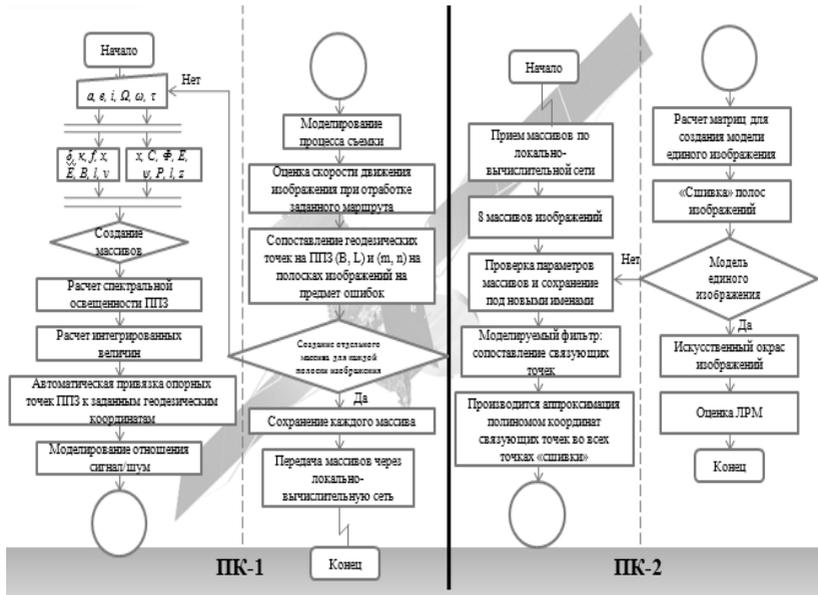
- интерфейс программного обеспечения и файловой системы;
- система конфигураций.

2. Библиотека виртуального полигона для инициализации динамической сцены, обеспечивающая:

- загрузку, обработку и сохранение полученных данных;
- загрузку, обработку и сохранение изображений;
- загрузку, обработку и сохранение имитации.

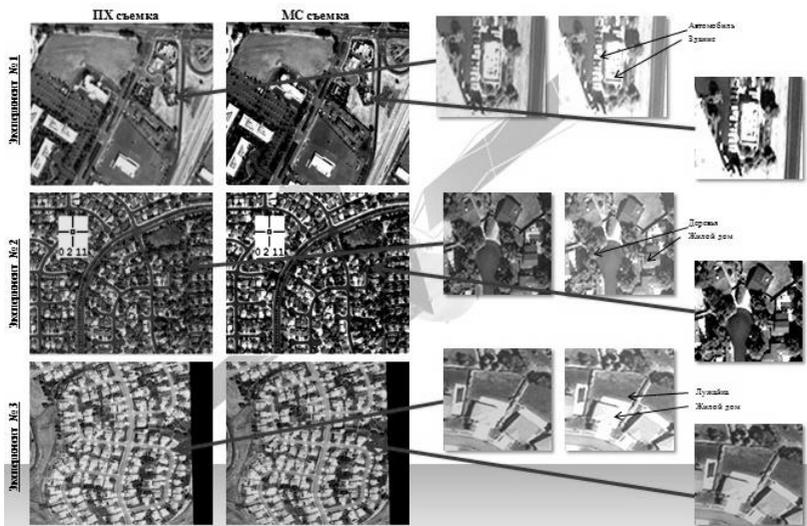
Схема работы общего алгоритма представляется на рисунке 2. В начале процесса оператором задаются исходные данные моделирования

(параметры орбиты, съемки и маршрута расшифровка которых приведена ниже), далее происходит процесс моделирования, где на первом комплексе происходит создание массивов изображений (всего их восемь, строятся они в результате маршрутной съемки поочередно), далее через локально-вычислительную сеть передаются на наземный комплекс приема и преобразования информации. В соответствии с алгоритмом процесса целевого применения происходит сшивка данных полос изображений полиномиальным методом по связующим точкам в единое изображение и окрас его методом нанесения искусственных цветов (по качеству (уровню) спектрального сигнала).



**Рисунок 2. Общий алгоритм имитационного моделирования на виртуальном полигоне. где:  $a$  — длина большой полуоси орбиты;  $e$  — эксцентриситет;  $i$  — наклон орбиты;  $\Omega$  — долгота восходящего узла;  $\omega$  — аргумент широты;  $\tau$  — момент прохождения через перигей;  $\delta$  — угол тангажа;  $k$  — угол крена;  $f$  — фокусное расстояние;  $E$  — скоба;  $B$  — ширина фокальной плоскости;  $l$  — длина маршрута;  $v$  — скорость бега изображения;  $x$  — значение фотоприемного устройства;  $C$  — число матриц;  $L$  — размер пикселя;  $\psi$  — число строк матрицы;  $P$  — перекрытия в пикселях;  $l$  — число пикселей в матрице;  $Z$  — число зон компенсации**

В результате чего формируется единое изображение с оценкой линейного разрешения на местности, т. е., распознаванием наименьшего объекта на изображении (в соответствии с рисунком 3, где проводился эксперимент для разных высот орбит 300, 500 и 700 км) [1].



**Рисунок 3. Единые изображения, полученные в результате имитационного моделирования на виртуальном полигоне**

### Список литературы:

1. Демин А.В., Денисов А.В. «Моделирование функционально-параметрических характеристик систем дистанционного зондирования поверхности Земли в оптическом диапазоне спектра излучения». Южно-Сибирский научно-технический вестник, выпуск — № 1 (9) — 2015 г. — С. 46—49.
2. Демин А.В., Денисов А.В. «Разработка динамической сцены для моделирования и анализа проектных решений оптико-цифровых систем дистанционного зондирования поверхности Земли». Южно-Сибирский научно-технический вестник, выпуск — № 1 (9) — 2015 г. — С. 50—56.
3. Папулис А. Теория систем и преобразований в оптике. М.: Мир, 1971 г. — С. 495.
4. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005 г. — С. 320. — ISBN 5-9221-0120-X.

## СЕКЦИЯ 9.

### НАНОТЕХНОЛОГИИ И НАНОМАТЕРИАЛЫ

#### НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ СИНТЕЗ МЕЗОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МИКРОКРИСТАЛЛОВ САМОО<sub>4</sub> И SRMOO<sub>4</sub>.

***Калюжный Николай Андреевич***

*студент, Физический факультет, Новосибирский национальный  
исследовательский государственный университет (НГУ),  
РФ, г. Новосибирск*

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

***Атучин Виктор Валерьевич***

*канд. физ.-мат. наук, заведующий лабораторией, Лаборатория  
оптических материалов и структур, Институт физики  
полупроводников СО РАН, РФ, г. Новосибирск*

***Андреева Оксана Прокопьевна***

*инженер-технолог, Лаборатория оптических материалов и структур,  
Институт физики полупроводников СО РАН, РФ, г. Новосибирск*

***Гаврилова Татьяна Александровна***

*научный сотрудник, Лаборатория нанодиагностики  
и нанолитографии, Институт физики полупроводников СО РАН,  
РФ, г. Новосибирск*

***Корольков Илья Викторович***

*канд. хим. наук, научный сотрудник, Лаборатория кристаллохимии,  
Институт неорганической химии СО РАН,  
РФ, г. Новосибирск*

***Максимовский Евгений Анатольевич***

*канд. хим. наук, Старший научный сотрудник, лаборатория  
эпитаксиальных слоев, Институт неорганической химии СО РАН,  
РФ, г. Новосибирск*

# LOW-TEMPERATURE SYNTHESIS OF MESOPOROUS MICROCRYSTALS $\text{CaMoO}_4$ AND $\text{SrMoO}_4$ .

***Nikolay Kalyuzhny***

*student, Physical Department, Novosibirsk State University,  
Russia, Novosibirsk*

***Viktor Atuchin***

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of Laboratory,  
Laboratory of Optical Materials and Structures, Institute of Semiconductor  
Physics of SB RAS, Russia, Novosibirsk*

***Oxana Andreeva***

*process Engineer, Laboratory of Optical Materials and Structures,  
Institute of Semiconductor Physics of SB RAS,  
Russia, Novosibirsk*

***Tatyana Gavrilova***

*researcher, Laboratory of Nanodiagnostics and Nanolithography, Institute  
of Semiconductor Physics of SB RAS,  
Russia, Novosibirsk*

***Ilya Korolkov***

*candidate of Chemical Sciences, Researcher, Laboratory of Crystal  
Chemistry, Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry of SB RAS,  
Russia, Novosibirsk*

***Evgeniy Maximovskiy***

*candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher, Laboratory  
of Epitaxial Layers, Nikolaev Institute of Inorganic Chemistry of SB RAS,  
Russia, Novosibirsk*

## АННОТАЦИЯ

Предложен низкотемпературный метод химического синтеза мезоструктурированных микрокристаллов  $\text{CaMoO}_4$  и  $\text{SrMoO}_4$  из водного раствора. Фазовый и химический составы продукта синтеза подтверждены методами РФА и микроанализа. Установлено наличие чистой фазы  $\text{CaMoO}_4$  и  $\text{SrMoO}_4$  с кристаллической структурой типа шеелита в пр. группе  $I4_1/a$ . Микроморфология частиц исследована методом РЭМ.

## ABSTRACT

A simple synthesis route of mesoporous microcrystals  $\text{CaMoO}_4$  and  $\text{SrMoO}_4$  in aqueous solution is reported. Phase and chemical compositions of synthesized sample was confirmed by XRD and microanalysis. The presence of pure phase  $\text{CaMoO}_4$  and  $\text{SrMoO}_4$  with scheelite crystal structure with space group  $I4_1/a$  was determined. The research of micromorphology was performed by SEM method.

**Ключевые слова:**  $\text{CaMoO}_4$ ;  $\text{SrMoO}_4$ ; водный раствор; наноструктуры; РФА; СЭМ.

**Keywords:**  $\text{CaMoO}_4$ ;  $\text{SrMoO}_4$ ; aqueous solution; nanostructured; XRD; SEM.

### Введение.

Кристаллические материалы на основе молибдатов кальция и стронция активно исследуются в последние годы благодаря весьма удачной комбинации их химических и физических свойств. В настоящее время тонкие пленки  $\text{CaMoO}_4$  широко применяются в оптике и электронике. Высокая химическая и термическая стабильность [4; 9], а также наличие большого катиона в кристаллической решетке делают перспективным их использование в качестве матрицы для легирования редкоземельными элементами и создания люминофоров [1; 3; 5] для широкого диапазона спектра. В настоящее время известен целый ряд методов получения микрокристаллов  $\text{CaMoO}_4$  и  $\text{SrMoO}_4$  [1—13], включающий высокотемпературный твердофазный синтез [2; 11], реакции соосаждения [8] в водном растворе [4] или в растворе этиленгликоля [12], золь-гель метод и другие. Также микро- и нанокристаллы молибдатов синтезируют при воздействии микроволнового излучения или ультразвука, лазеров [13] при осаждении из растворов. Однако данные методы требуют использования достаточно сложного оборудования и дорогих реагентов, что не всегда соответствует целесообразности.

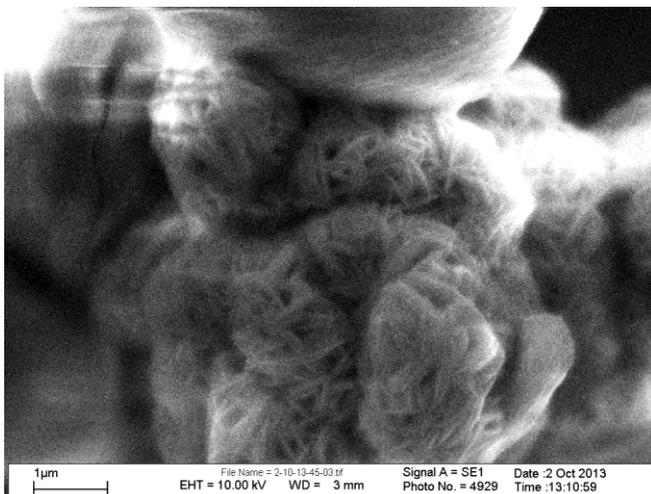
### Экспериментальная часть.

В данной работе представлен относительно простой низкотемпературный метод синтеза наноструктурированных однородных микрокристаллов  $\text{CaMoO}_4$  и  $\text{SrMoO}_4$  в водном растворе. В качестве исходных реагентов использовались хлорид кальция  $\text{CaCl}_2$  ( $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ) и парамолибдат аммония  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Микрокристаллический порошок  $\text{CaMoO}_4$  ( $\text{SrMoO}_4$ ) был получен в результате гетерофазного взаимодействия эквивалентных количеств  $\text{CaCl}_2$  ( $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ ) и  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Для этого 0.001 М  $\text{CaCl}_2$  (2,4 г в случае нитрата

стронция) растворяли в 100 мл дистиллированной воды и затем смешивали с 0.0016 М (2 г в случай со Sr)  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ . Реагенты перемешивались в течение 20 минут при нагревании от 24 до 100°С. При температуре 90°С из полученного раствора выпал порошкообразный белый осадок. Маточный раствор с осадком выдерживался в состоянии кипения в течении 10 минут, затем был оставлен на 10 часов без нагревания и перемешивания. Осадок отделяли центрифугированием и промывали дистиллированной водой. Высушенный на воздухе при  $T = 24^\circ\text{C}$  в течении 72 часов синтезированный порошок был чистого белого цвета.

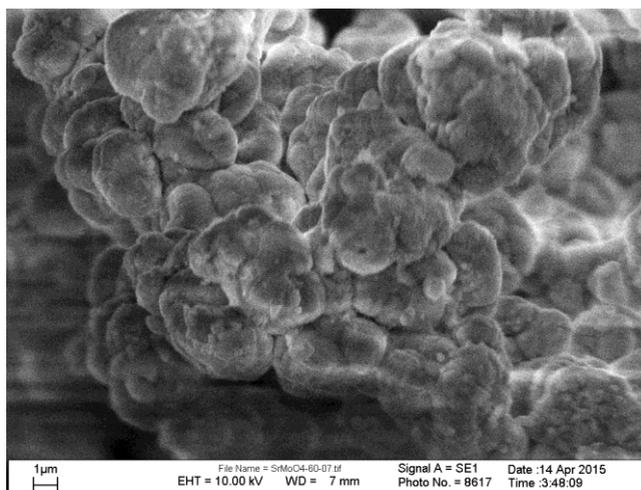
Исследование морфологии поверхности и химического состава проводились на сканирующем электронном микроскопе “Hitachi S-3400N”, оснащенный спектрометром энергетической дисперсии «National Instruments». Проводящее покрытие не наносилось, исследование проводилось при низком вакууме для подавления эффектов зарядки поверхности. Величина ускоряющего напряжения составляла 20 кВ. Фазовый состав синтезированного материала определялся методом РФА на дифрактометре Shimadzu XRD-7000 (CuK $\alpha$  излучение, Ni-фильтр, диапазон  $2\theta = 5\text{—}60$  град, шаг  $2\theta = 0.03$  град, время накопления 1 сек). Поликристаллический образец смачивали гексаном в агатовой ступке и полученную суспензию наносили на кварцевый держатель, где после сушки образовывался гладкий тонкий слой.

Методом СЭМ (рис. 1) установлено, что синтезированный образец ( $\text{CaMoO}_4$ ) состоит из практически однородный по размерам мезопористых микросфер диаметром  $\sim 1$  мкм. Согласно результатам микроанализа, соотношение Ca/Mo/O в образце составило 0.78/1/4.78, что хорошо согласуется с номинальным составом. РФА анализ показал наличие чистой фазы  $\text{CaMoO}_4$  с пространственной группой  $I4_1/a$ . По результатам РФА, параметры элементарной ячейки составили  $a = 5.2187(3)$ ,  $c = 11.466(1)$  Å,  $V = 311.731$  Å<sup>3</sup> для  $\text{CaMoO}_4$ , что хорошо соответствует параметрам стандартного образца  $\text{CaMoO}_4$ .



*Рисунок 1. Мезоструктура полых микросфер  $\text{SrMoO}_4$*

В отношении молибдата стронция ( $\text{SrMoO}_4$ ) методом СЭМ (рис. 2) установлено, что синтезированный образец состоит из микросфер со средним размером 2—7 мкм. По результатам РФА, кристаллическая структура полностью соответствует молибдату стронция.



*Рисунок 2. Структура микросфер  $\text{SrMoO}_4$*

### **Список литературы:**

1. Chung J.H., Ryu J.H., Mhin S.W., Kim K.M., Shim K.B.J. *Mater. Chem.* 2012, 22, 3997—4002.
2. Im H.-N., Choi M.-B., Jeon S.-Y., Song S.-J. *Ceramic International* 2011, 37, 49—53.
3. Li X., Yang Zh., Guan L., Guo J., Wang Y., Guo Q.J. *Alloys and Compounds* 2009, 478, 684—686.
4. Marques A.P.A., Longo V.M., de Melo D.M.A., Pizani P.S., Leite E.R., Varela J.A., Longo E. J. *Solid State Chem.* 2008, 181, 1249—1257.
5. Parchur A.K., Prasad A.I., Ansari A.A., Raia S.B., Ningthoujam R.S. *Dalton Trans.* 2012, 41, 11032—11045.
6. Simpson C. *Chemtech* 1997, 27 (4), 40—42.
7. Sharma N., Shaju K.M., Subba Rao, G.V., Chowdari B.V.R., Dong Z.L., White T.J. *Chem. Mater.* 2004, 16, 504—512.
8. Teshima K., Yubuta K., Sugiura Sh., Fujita Y., Suzuki T., Endo M., Shishido T., Oishi, Sh. *Crystal Growth & Design* 2006, 6, 1598—1601.
9. Vidya S., Solomon S., Thomas J.K. *Phys. Status Solidi A* 2012, 209, 6, 1067—1074.
10. Vukasovich M.S., Farr J.P.G. *Polyhedron* 1986, 5, 551—559.
11. Wang Y., Ma J., Tao J., Zhu X., Zhou J., Zhao Zh., Xie L., Tian H. *Ceramic International* 2007, 33, 693—695.
12. Yoon J.-W., Ryu J.H., Shim K.B. *Materials Science & Engineering B* 2006, 127, 154—158.
13. Yoon J.-W., Choi C.-J., Kim, D. *Materials Transactions* 2011, 52 (4), 768—771.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**Научное издание**

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

Сборник статей по материалам  
XLV международной научно-практической конференции

№ 4 (41)

Апрель 2015 г.

Подписано в печать 05.05.15. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 7,125. 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