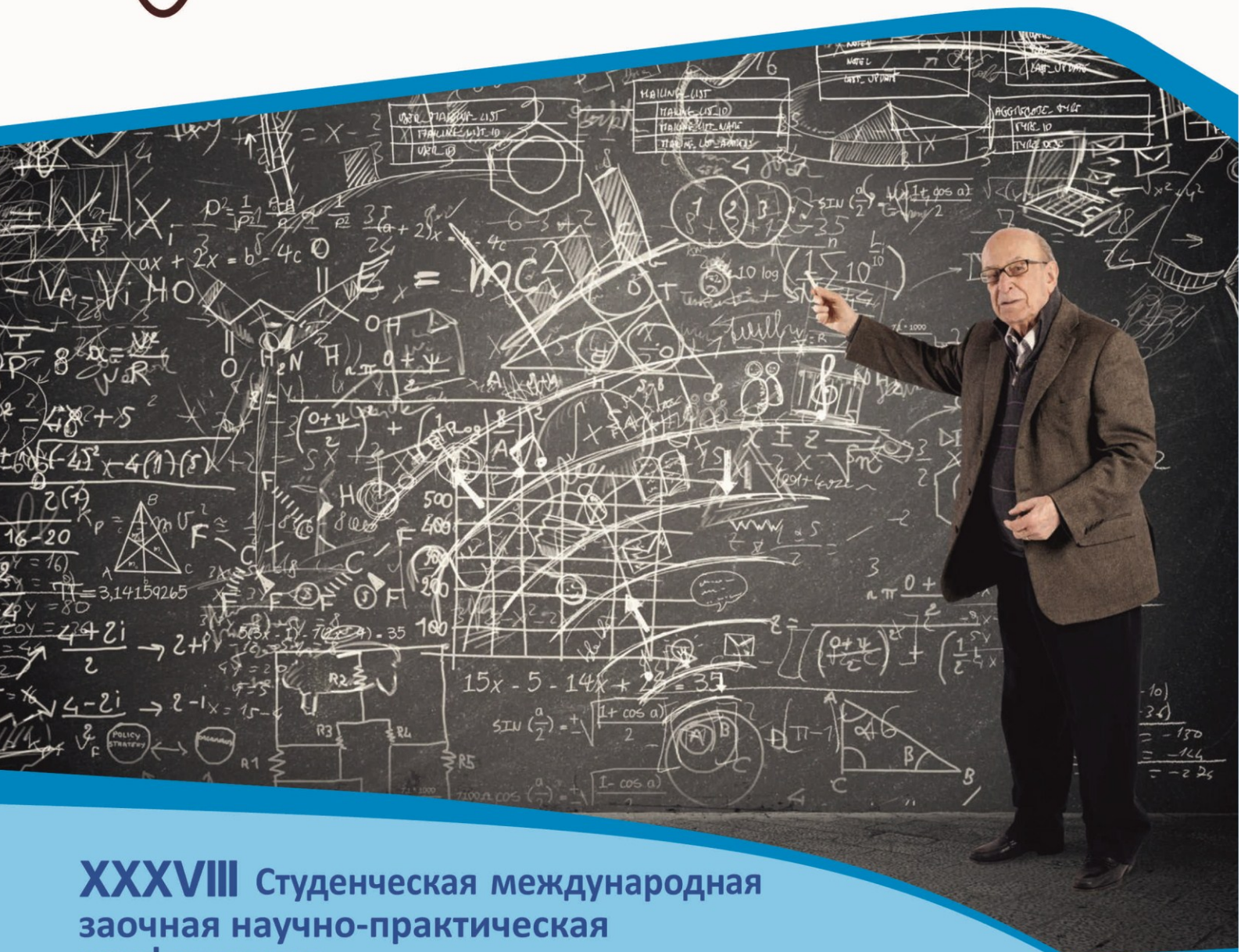


**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN 2310-0370

СБОРНИК ВКЛЮЧЕН  
В НАУКО-  
МЕТРИЧЕСКУЮ БАЗУ

**РИНЦ**



**XXXVIII** Студенческая международная  
заочная научно-практическая  
конференция

**МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ  
№ 9(38)**

г. МОСКВА, 2016



# МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ: ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

*Электронный сборник статей по материалам XXXVIII студенческой  
международной заочной научно-практической конференции*

№ 9 (38)  
Октябрь 2016 г.

Издается с марта 2013 года

Москва  
2016

УДК 62+51  
ББК 30+22.1  
М 75

Председатель редколлегии:

**Лебедева Надежда Анатольевна** – доктор философии в области культурологии, профессор философии Международной кадровой академии, г. Киев, член Евразийской Академии Телевидения и Радио.

Редакционная коллегия:

**Волков Владимир Петрович** – канд. мед. наук, рецензент АНС «СибАК»;

**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»;

**Захаров Роман Иванович** – кандидат медицинских наук, врач психотерапевт высшей категории, кафедра психотерапии и сексологии Российской медицинской академии последиplomного образования (РМАПО) г. Москва;

**Зеленская Татьяна Евгеньевна** – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра высшей математики в Югорском государственном университете;

**Карпенко Татьяна Михайловна** – канд. филос. наук, рецензент АНС «СибАК»;

**Копылов Алексей Филиппович** – канд. тех. наук, доц. кафедры Радиотехники Института инженерной физики и радиоэлектроники Сибирского федерального университета, г. Красноярск;

**Костылева Светлана Юрьевна** – канд. экон. наук, канд. филол. наук, доц. Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ (РАНХиГС), г. Москва;

**Попова Наталья Николаевна** – кандидат психологических наук, доцент кафедры коррекционной педагогики и психологии института детства НГПУ;

**Яковичина Татьяна Федоровна** – канд. с.-х. наук, доц., заместитель заведующего кафедрой экологии и охраны окружающей среды Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, член Всеукраинской экологической Лиги.

## **М 75 Молодежный научный форум: Технические и математические науки.**

Электронный сборник статей по материалам XXXVIII студенческой международной заочной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2016. – № 9 (38) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [http://www.nauchforum.ru/archive/MNF\\_tech/9\(38\).pdf](http://www.nauchforum.ru/archive/MNF_tech/9(38).pdf)

Электронный сборник статей XXXVIII студенческой международной заочной научно-практической конференции «Молодежный научный форум: Технические и математические науки» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современной науки.

Данное издание будет полезно магистрам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития современной науки.

Сборник входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе eLIBRARY.RU.

## Оглавление

<b>Секция 1. Технические науки</b>	<b>6</b>
АНАЛИЗ МЕТОДОВ КРИПТОАНАЛИЗА ПОТОЧНЫХ ШИФРОВ Абзалов Вадим Шамилевич	6
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ПРИНТЕРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ Анахин Николай Юрьевич Грошев Николай Геннадьевич Оноприйчук Денис Алексеевич	12
МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА InP – GaAs Бесполудин Владислав Валерьевич	17
ОПТИМИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ AlGaAs - GaAs Бесполудин Владислав Валерьевич	21
МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОКАСКАДНОГО СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА InP – Ge Бесполудин Владислав Валерьевич	25
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЕМКОСТНОГО МЭМС АКСЕЛЕРОМЕТРА ГРЕБЕНЧАТОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МИКРООБРАБОТКИ Бесполудин Владислав Валерьевич	44
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТУННЕЛЬНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МИКРООБРАБОТКИ Бесполудин Владислав Валерьевич	49
ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ И ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ Винтер Алиса Валерьевна Мезенцев Владислав Вадимович Преснов Олег Михайлович	54
АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ КОМПАУНДОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДРЕЙФА ДАТЧИКА УДАРА Головинский Максим Сергеевич Гундарцев Михаил Александрович Шалимов Андрей Сергеевич	59

МЕТАН КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ ГОРЮЧЕЕ ДЛЯ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ	63
Гуц Юлия Андреевна Смирнова Вероника Евгеньевна	
ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГАЗОТРУБНЫХ КОТЛОВ И АКТУАЛЬНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ	68
Степашкин Иван Александрович Рютикова Светлана Андреевна Кихтенко Владимир Александрович Слободина Екатерина Николаевна	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЙ РЕШЕНИЙ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ «ПОВЫШЕННОЙ» СТИПЕНДИИ	74
Молчанова Алена Викторовна Мяловский Виталий Алексеевич Ильина Елена Александровна	
СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГЕ	79
Нагуманов Нурсултан Нуржанович Кажиакпарова Жадыра Сериковна	
МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МАТРИЦЫ КООРДИНАТ РАСПОЛОЖЕНИЯ РЕЗЦОВ	84
Радикевич Евгений Александрович Данилов Александр Константинович	
КОРРОЗИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	91
Родионова Елизавета Сергеевна	
МАКЕТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА	94
Ольховой Александр Васильевич Милованов Вадим Александрович Свищева Татьяна Николаевна	
ПОЛУЧЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ КАНАВОК НА ПОВЕРХНОСТИ БЕСКОНТАКТНЫХ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ	99
Страмцова Евгения Сергеевна Краско Александр Сергеевич	

КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ЭЛЕМЕНТОВ ДЫМОСОСОВ Протасова Алина Евгеньевна Шлейко Сергей Владимирович Булова Анастасия Вячеславовна Нечупаев Вадим Витальевич Белоглазова Любовь Владимировна	104
<b>Секция 2. Физико-математические науки</b>	<b>113</b>
ПРИМЕР ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ EXCEL Антонова Вера Михайловна Щербакова Ирина Викторовна	113
РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ АЛГОРИТМА СОРТИРОВКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИНАРНЫХ ДЕРЕВЬЕВ Сайгак Кристина Олеговна Сахибназарова Виктория Бахтиёровна	121



# СЕКЦИЯ 1.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### АНАЛИЗ МЕТОДОВ КРИПТОАНАЛИЗА ПОТОЧНЫХ ШИФРОВ

*Абзалов Вадим Шамилевич*

*студент Казанского национального исследовательского технологического  
университета,  
РФ, Республика Татарстан, г. Казань*

Пото́чный шифр – это симметричный шифр, в котором каждый символ открытого текста преобразуется в символ шифрованного текста в зависимости не только от используемого ключа, но и от его расположения в потоке открытого текста.

Поскольку при разработке любых криптографических схем их стойкость определяется прежде всего стойкостью к известным на текущий момент криптографическим атакам, направленных на выявление в рассматриваемой схеме слабостей различного рода, представляется целесообразным рассмотрение наиболее распространенных и упоминаемых методов (алгоритмов) криптоанализа для выработки рекомендаций относительно конструирования криптографически стойких схем криптопреобразований.

При рассмотрении методов криптоанализа схем поточного шифрования все методы можно условно разделить на три класса: аналитические атаки, статистические и силовые. К аналитическим атакам относят атаки, в которых алгоритм построения атаки основан на аналитических принципах вскрытия криптосхемы. К статистическим атакам относятся атаки, основанные на оценке статистических свойств гаммы шифрующей. К силовым атакам относятся атаки, основанные на принципе полного перебора всех возможных комбинаций ключа.

При проведении криптоанализа схем подразумевается, что атака произошла успешно, если ее вычислительная сложность меньше, чем

вычислительная сложность полного перебора всех ключевых комбинаций данного шифра.

Целью данной статьи является рассмотрение аналитических атак, выработка рекомендаций относительно конструирования криптографически стойких схем поточного шифрования.

### **Аналитические атаки**

Все аналитические атаки происходят при допущении, что криптоаналитику известно описание генератора (образующие полиномы, вид нелинейного преобразования), он обладает открытым и соответствующим ему закрытым текстом. Задачей криптоаналитика является определение применяемого ключа (начального заполнения). На рисунке представлены наиболее известные криптоаналитические атаки, применяемые к синхронным поточным шифрам.



*Рисунок 1.*

### **1.Корреляционные атаки**

Наиболее распространенными и упоминаемыми атаками являются корреляционные атаки в силу специфики построения поточных шифров. Корреляционные атаки используют корреляцию выходной последовательности схемы шифрования с выходной последовательностью регистров для восстановления начального заполнения последних.

Среди атак данного класса можно выделить следующие атаки:

1. Базовые корреляционные атаки.
  - Базовая корреляционная атака Зигенталера;



- Корреляционная атака Зигенталера.
2. Атаки, базирующиеся на низковесовых проверках четности.
    - Быстрая корреляционная атака Майера-Штаффельбаха;
    - Быстрая корреляционная атака Форре;
    - Быстрый итеративный алгоритм Михалевича-Голича;
    - Быстрая корреляционная атака Чепыжова-Смитса.
  3. Атаки, базирующиеся на использовании конволюционных кодов.
  4. Атаки, использующие технику турбо кодов.
  5. Атаки, базирующиеся на восстановлении линейных полиномов.
  6. Быстрая корреляционная атака Чепыжова, Йоханссона, Смитса.

Под быстрыми корреляционными атаками подразумеваются атаки, вычислительная сложность которых значительно меньше вычислительной сложности силовых атак.

## **2. Компромисс время-память**

Целью данных атак является восстановление начального состояния сдвигового регистра по фрагменту шифрующей последовательности при условии, что криптоаналитику известна схема устройства и некоторый фрагмент гаммы-шифрующей. Сложность атаки зависит от длины перехваченной гаммы-шифрующей и размера внутреннего состояния шифра. Данный вид атаки применим, если пространство состояний достаточно мало.

В общем случае атака состоит из двух этапов:

- подготовительный этап, в котором строится большой словарь, включающий все возможные пары «состояние-выход» (одинаковой размерности  $n$ );
- основной этап, в котором делается предположение, что шифр находится в определенном фиксированном состоянии, т.е. предположение об определенном заполнении всех ячеек памяти. На основе этих входных данных генерируется выход. Далее просматривается перехваченная выходная последовательность с целью нахождения соответствия со сгенерированным выходом. Если соответствие произошло, то фиксированное состояние с

большой вероятностью считается начальным заполнением регистра, в противном случае алгоритм продолжает работать.

### **3. Предполагать и определять**

Основная идея атаки состоит в допущении, что криптоаналитику известны гамма-шифрующая, количество сдвигов регистра между выходами схемы, а также полином обратной связи степени  $r$ , фильтр-функция  $f$  и последовательность точек съема  $\gamma_i, i = 1, \dots, n$ .

Восстановление начального заполнения регистра происходит путем восстановления некоторых фрагментов заполнения регистра на основе предположения содержимого некоторых неизвестных фрагментов схемы (содержимое ячеек регистра, элементы нелинейной функции). В общем виде атака имеет следующий вид:

- *Предполагается* содержимое некоторых ячеек регистра.
- *Определяется* полное заполнение регистра путем применения линейной рекурренты регистра на основе принятых допущений.
- *Генерируется* выходная последовательность. Если она эквивалентна гамме шифрующей, предположение принимается верным, иначе – переход к шагу 1.

Сложность атаки зависит от конкретной реализации схемы и пропорциональна количеству предположений. Так, количество возможных предположений равно  $2^x$ , где  $x$  – количество предположений, приведших к успеху.

### **4. Инверсионные атаки**

Предполагается, что известен полином обратной связи, фильтр-функция и последовательность точек съема. Цель данной атаки – восстановление начального состояния сдвигового регистра по фрагменту шифрующей последовательности.

### **5. Ключевая загрузка, инициализация/реинициализация**

Так как единого алгоритма загрузки не существует, каждый раз, в зависимости от используемой структуры схемы, процедуры ключевой загрузки

будут различны. Желательной является конструкция, исключая загрузку ключа посредством линейных операций и нулевое заполнение регистра, каждый бит инициализированного регистра должен быть нелинейной функцией от каждого бита используемого ключа. Использование линейных операций делает возможным применение криптоанализа посредством решения линейных уравнений.

**С целью противостояния криптоаналитическим атакам при построении схем поточного шифрования целесообразно руководствоваться следующими требованиями:**

- для генерации регистром последовательности максимальной длины и высокой
- линейной сложности данный регистр должен быть основан на примитивном полиноме обратной связи; при использовании нескольких регистров их длины должны быть взаимно-простыми;
- для достижения максимальной линейной сложности степень образующего полинома должна быть простым числом;
- минимальная длина регистра должна быть не менее  $\ell = 100$  бит, образующий полином иметь приблизительно около  $\ell/2$  ненулевых коэффициентов обратной связи;
- содержимое первой и последней ячеек регистра должны являться входными данными к нелинейной функции, множество точек съема для обратных связей ЛРР и множество точек съема для НЛФ должны исключать совместное использование одних и тех же ячеек;
- при построении нелинейных функций данные функции должны удовлетворять
- критериям стойкости: быть сбалансированными, обладать высокой нелинейностью, удовлетворять критерию распространения (обладать корреляционным иммунитетом), иметь высокую алгебраическую степень.
- при длине ключа  $k$  бит внутреннее состояние генератора (внутренняя память) должно быть не менее  $2k$  бит;

- каждый бит начального состояния регистра должен являться функцией от нелинейного преобразования всех бит ключа.

### **Список литературы:**

1. Основы криптографии / А.П. Алферов [и др.]. – М.: Гелиос, 2005. – 480 с.
2. Рябко Б.Я., Фионов А.Н. Криптографические методы защиты информации: учеб. пос. для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2005. – 29 с.: ил.
3. Шнайер Б. Генераторы псевдослучайных последовательностей и потоковые шифры: глава 16 // Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си = Applied Cryptography. Protocols, Algorithms and Source Code in C. – М.: Триумф, 2002. – 816 с.
4. Криптографическая защита информации – [Электронный ресурс] / А.В.Яковлев [и др.].

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ПРИНТЕРОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

***Анахин Николай Юрьевич***

*студент, Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева,  
РФ, г. Орёл*

***Грошев Николай Геннадьевич***

*студент, Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева,  
РФ, г. Орёл*

***Оноприйчук Денис Алексеевич***

*студент, Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева,  
РФ, г. Орёл*

В данной статье рассматривается новый метод возведения архитектурных сооружений при помощи 3D принтера. Целью статьи является обзор изобретений ученых и инженеров разных стран в области 3D печати в сфере строительства. Особое внимание уделено плюсам и минусам использования печати в строительстве.

Технологии 3D печати очень быстро развивается и проникает во многие сферы деятельности человека. Удивительно, но и в строительной сфере 3D печати нашли применение. Довольно трудно утверждать, кто первым придумал напечатать на 3D принтере настоящий дом, однако уже на данный момент понятно, что в скором будущем технология трехмерной печати станет главной частью в строительстве. С 2000 года много различных групп учёных стали исследовать применение технологии 3D печати в различных сферах, одной из которых является строительство. Инженеры из Соединенных Штатов Америки, Великобритании, Китая и Нидерландов упорно работали над реализацией данного процесса и достигли хороших результатов.

Талантливые ученые британского Loughborough University создали уникальный в своем роде цемент, который можно использовать для печати изделий различных форм: кубические, выпуклые, изогнутые и другие. Руководил процессом доктор Сунгву Лим.

Данная смесь укладывается методом экструдирования, что позволяет исключить в процессе строительства опалубку. Готовые бетонные фигуры довольно легко поддаются коррекции и монтажу.

Труды британских инженеров привлекли огромный интерес ученых из Южно-Калифорнийского университета. Они предложили создать машины для 3D-печати, которые можно будет использовать сразу же на строительных объектах. И уже в ближайшее время был создан проект с названием «Contour Crafting», в основе которого лежит создание огромного принтера с возможностями печатать не только несущую конструкцию, но и перегородки вместе с сантехникой и проводкой.

Данный проект создал профессор Барух Кошневиц (University of Southern California).

Его изобретение напоминает работа колоссальных размеров, с закрепленным на раме соплом для подачи бетонной смеси, которое накладывает слой на слой по заданному компьютером плану. Как сказал профессор: «Строителям придется только вставить окна и двери в заранее подготовленных проемах».

В Шанхае компания Shanghai WinSun Decoration Design Engineering решили собственноручно собрать эту «фантастическую» машину, которую назвали WinSun, удивившая других ученых своими огромными размерами. Это творение длиной 150 метров и шириной 10 метров может за довольно малое количество времени напечатать строение с высотой 6 метров. «Чернилами» для данного принтера является усиленный стекловолокном цемент. Способ эксплуатации – послойное экструдирование. В Китае сразу же решили опробовать изобретение, возведя небольшое строение, напечатав стены на принтере. Однако, крышу все-таки пришлось ставить вручную. Но все же данное изобретение позволило поставить 10 жилых зданий с площадью до 200 квадратных метров всего лишь за сутки. А стоимость таких домов составила всего 5000 долларов, что на 50 процентов ниже стоимости возведения дома классическим способом.

Справедливо отметить, что в США бурно развивается частная компания по строительству жилых конструкций под руководством талантливого инженера Андрея Руденко. Главное отличие его идей состоит в том, что он планирует

создать печатающую машину, которая сможет возводить строения не только на готовых строительных площадках, но и на холмистом рельефе. Как известно, Руденко добился больших результатов в продвижении своей задумки.

На данный момент в Словении компания BetAbram активно занимается производством строительных печатающих принтеров, однако пока ограничивается рядом из тех моделей – P1, P2 и P3. Цена первых моделей составляет 12000 евро, но если учесть, что принтер сам печатает несущую конструкцию, то его стоимость, действительно, себя оправдывает. Известно, что аппарат BetAbram P1 может возвести бетонное сооружение без применения опалубки объемом 140 квадратных метров. Учитывая, что высота принтера всего 2 метра, его производительность действительно поражает. Для перемещения прибора по оси Z используются рельсы, которые регулируют экструдер по вертикали.

Так же появились компании, которые разработали принтеры, способные заполнять жилое пространство внутри конструкции. Одна из таких компаний (Emerging Objects) создала полимер Saltygloo из соли, который дает возможность печатать перегородки в домах. Данный полимер состоит из строительного клея и соли, добытой в Redwood-City, и является дешевым, нетяжелым, водостойким материалом. В результате использования Saltygloo получается аккуратный, очень изящный, достаточно крепкий дом.

Нидерландцы поступили же иначе. Учёные из лаборатории Sabin Design уверены в том, что промышленности рано печатать дома целиком. Они решили направить свои усилия на изготовление керамических кирпичей PolyBricks. Этот материал ученые получили без классических клеящих элементов. Кирпичи спроектировали таким образом, что все составляющие конструкции соединялись между собой под действием силы тяжести.

Однако, несмотря на всю уникальность всех этих изобретений, уже на данный момент имеется множество тонких вопросов, касающихся 3D печати строительных сооружений. Одним из главных является проблема в отсутствии армирования конструкции. Если устанавливать арматуру сразу, это безусловно



будет мешать работе принтера, но без укрепления сталью, сооружение в скором времени потрескается и начнет разрушаться. К тому же, арматура придает прочность и устойчивость конструкции, что является, наверно, одним из самых главных факторов в строительстве.

Вторая проблема связана с вибрированием бетона. Как правило, для монолитности конструкции и для устранения воздушных пустот из бетона требуется виброобработка. Но из-за отсутствия опалубки и других удерживающих бетон элементов, данный процесс невозможен, даже при большом разнообразии видов виброприборов, такие как электрические, переносные или пневмо-вibrаторы.

Еще один важный вопрос связан с монтажом коммуникационных систем. Хотя данную проблему можно решить, раскрыв возможности принтера в полной мере. Инженерам лишь придется придумать новые конструкции элементов коммуникаций.

Все названные проблемы трудно назвать нерешаемыми, ведь ранее сложно было вообще представить, что такое возможно. Однако, инженерам все-таки придется потратить еще достаточное количество времени на устранение недостатков принтера и найти решение данным вопросам.

Итак, подведя итог всему сказанному, необходимо добавить, что на данный момент существуют три способа печати конструкции в объеме:

### **1. Послойное экструдирование вязкой рабочей смеси.**

В данном методе бетонная смесь с добавками, подобно пасте из тюбика, выдавливается из рабочего сопла. Как было сказано ранее, основателем данного метода является Барух Кошневиц (University of Southern California)

Его же команда создала первый гигантский 3D-принтер, напоминающий мостовой кран.

### **2. Метод спекания/селективное спекание.**

В данном способе 3D принтер расплавляет рабочую смесь при помощи сконцентрированного лазера. А в качестве самой смеси выступает обыкновенный песок. На данный момент известно лишь об одном образце

вышеописанного устройства. Изобретением машину занимался инженер Маркус Кайзер, являющийся студентом Royal College of Art.

### **3. Метод напыления/компонентной склейки (стереолитография)**

Используемая в данном методе система D-Shape разработана Энрико Дини, работающий в частной компании Monolite UK. В этом методе струя, выходящая из рабочего сопла, сразу же смешивается с клеящими элементами в заданной точке.

Последние два метода очень необычны по задумке, так как, во-первых, эти способы экологически чисты, а, во-вторых, изделия получаются довольно изящных форм, на которые можно смотреть часами. Единственным минусом является то, то данные методы пока не способны создавать архитектурные сооружения больших размеров. Больше подходят такие, как цветочницы или собачьи будки.

В конце хотелось бы отметить основные преимущества 3D печати в строительстве:

- Большая скорость и точность в строительстве;
- Низкие затраты труда;
- Уменьшение утилизации отходов;
- Чистые экологические материалы;
- Увеличение безопасности рабочих;
- Небольшое число строителей.

Прогресс не стоит на месте, и именно поэтому в дальнейшем строительство станет намного легче, а с использованием 3D-печати сможем строить быстро, качественно, экологически чисто и без лишних затрат новые сооружения.

#### **Список литературы:**

1. Компания “Winsun” 3D проектирование домов – [Электронный ресурс]. URL: <http://www.yhbm.com/index.php?a=lists&c=index&catid=67&m=content>.
2. Малышева В.Л., Красимирова С.С. Возможности 3D принтера в строительстве // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – № 12-2. – 2013.
3. 3D принтеров в строительстве – [сайт]. URL: <http://www.shapovalov.org/news/2014-05-28-2769>.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА InP – GaAs

*Бесполудин Владислав Валерьевич*

*студент Института нанотехнологий, электроники и приборостроения  
Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог*

В данной работе показано моделирование солнечного элемента на основе гетероперехода InP – GaAs. Моделирование проводилось с использованием программы PC1D. В этой статье мы предлагаем использования сочетания двух материалов GaAs n – типа и InP p – типа, с шириной запрещенной зоны 1,42 эВ и 1,35 эВ соответственно. В данной модели солнечного элемента GaAs используется в качестве верхнего слоя, а слой InP в качестве нижнего слоя [4]. Как арсенид галлия как и фосфид индия являются прямозонными полупроводниками, относящийся к классу соединений  $A^{III}B^V$  [4]. Наличие у фосфида индия «прямой» запрещенной зоны шириной 1,34 эВ позволяет использовать его для создания фотоэлектрических преобразователей. Вследствие высокого оптического коэффициента поглощения свет проникает в полупроводник на малую глубину, благодаря чему не требуются пленки с очень большой диффузионной длиной неосновных носителей заряда [4].

Монокристаллы фосфида индия имеют наибольшие перспективы широкого промышленного производства и применения после арсенида галлия [5]. Параметры кристаллических решеток для InP и GaAs 5,653 Å и 5.87 Å соответственно. Таким образом, степень несоответствия параметров решеток фосфида индия арсенида галлия очень мала. Кроме того, GaAs и InP согласуются между собой по параметрам энергии, и благодаря этому данные полупроводники образуют идеальный гетеропереход [4;5]. Цель данного исследования заключается в оптимизации конструкции солнечного элемента на основе гетероперехода InP - GaAs для увеличения КПД устройства посредством изменения толщины слоя GaAs, уровня легирования GaAs и применением текстур на фронтальной поверхности при помощи программы PC1D. В

процессе моделирования мы используем слой InP р – типа толщиной 100 мкм, и слой GaAs n – типа, толщина последнего будет варьироваться от 4 мкм до 0.2 мкм для достижения наибольшего КПД устройства [5;2]. Площадь всего солнечного элемента будет фиксирована и составит 110 см<sup>2</sup>. На Рисунке 1 представлена структура однокаскадного солнечного элемента на основе гетероперехода InP -GaAs.

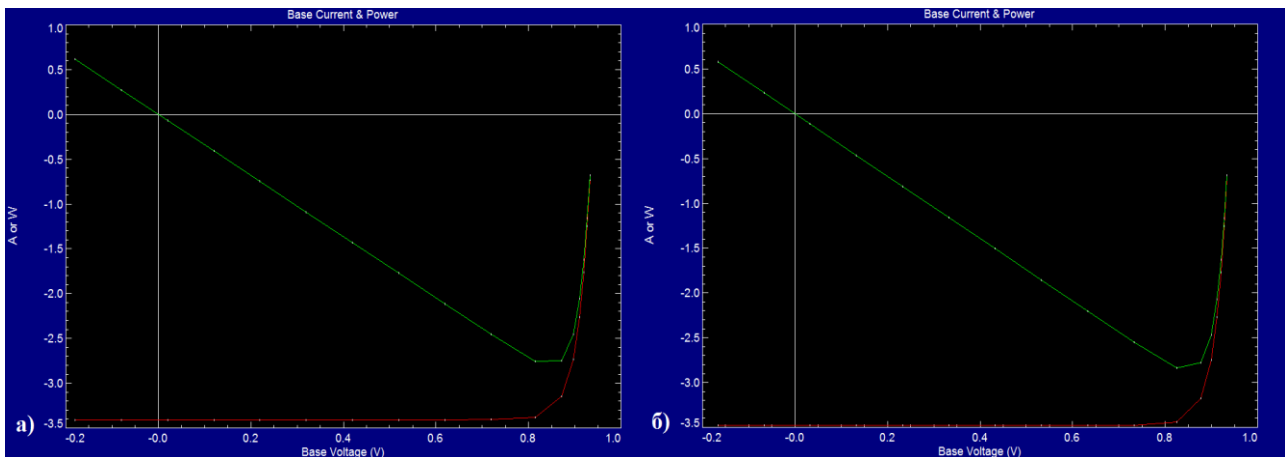
Моделирование проводилось на основе стандартной «диффузионно-дрейфовой» одномерной модели. В этой модели совместно решается система одномерных уравнений с использованием дискретной сетки. Система представлена уравнением Пуассона и двумя уравнениями переноса заряда в случае электронов и дырок.



**Рисунок 1. Структура солнечного элемента на основе гетероперехода InP – GaAs**

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}{q} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = p(x, t) + n(x, t) + N_d - N_A \\ -\frac{1}{q} \cdot \frac{dj_n(x, t)}{\partial x} = G_n(x, t) - R_n(x, t) \\ \frac{1}{q} \cdot \frac{\partial j_p(x, t)}{\partial x} = G_p(x, t) - R_p(x, t) \end{array} \right.$$

где:  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость моделируемого слоя,  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная,  $q$  – заряд электрона,  $p(x,t)$  и  $n(x,t)$  – концентрация дырок и электронов в моделируемом слое,  $\varphi$  – электрический потенциал,  $N_D$  и  $N_A$  – концентрации дырок и акцепторов в моделируемом слое,  $j_n$  и  $j_p$  – плотность электронного и дырочного токов соответственно,  $G_n(x, t)$  и  $G_p(x, t)$  – скорости генерации электронов и дырок,  $R_n(x, t)$  и  $R_p(x, t)$  – скорости рекомбинации электронов и дырок [2]. В результате моделирования толщина слоя GaAs была изменена с 4 мкм до 0.2 мкм при этом КПД устройства вырос с 25,2 % до 25,98 %. На рисунке 2 показано ВАХ устройства при различной толщине слоя GaAs.

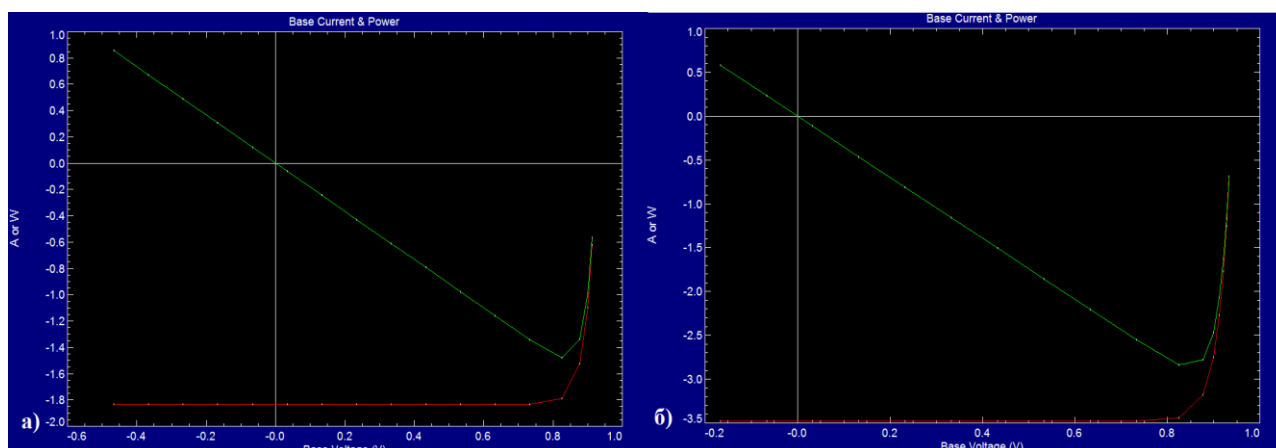


**Рисунок 2. Результаты ВАХ после изменения толщины слоя GaAs  
а) 4 мкм б) 0.2 мкм**

Влияние степень легирования отражено на рисунке рисунок 3. Так увеличение степени легирования слоя GaAs с  $10^{17}$  до  $10^{20}$  приводит к значительному уменьшению КПД с 25,98% до 13, 43%. Из данного результата можно сделать вывод об оптимальной концентрации в  $10^{17}$  для слоя GaAs.

Использование текстурирования позволяет повысить КПД с 25,98% до 26,3% за счет снижение оптических потерь и лучшей передачи фотонов в глубину материала, однако из литературных данных можно увидеть, что, доля потерь, связанных с отражением при использовании текстурирования составляют 3% от всех видов потерь при преобразовании солнечной энергии в электрическую [5]. В данном работе мы показали, что сочетание таких

материалы как GaAs и InP, а также оптимизация параметров позволяет достичь высокий КПД 26,3 % для однокаскадного солнечного элемента.



**Рисунок 3. Влияние увеличения уровня легирования слоя GaAs с  $10^{17}$  до  $10^{20}$**   
**а) Степень легирования GaAs  $10^{20}$  б) Степень легирования GaAs с  $10^{17}$**

Полупроводниковые соединения A<sup>III</sup>B<sup>V</sup> такие, как GaAs, InP, GaAlAs, GaInAsP, InAs, InSb, обладают почти идеальными характеристиками для фотовольтаического преобразования солнечного света. Единственным ограничением для их широкомасштабного применения в качестве поглощающих материалов в солнечных элементах является высокая себестоимость [1].

### Список литературы:

1. Гременок В.Ф., Тиванов М.С., Залесский В.Б. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов. Минск. БГУ. 2007. 222 с.
2. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: Теория и эксперимент/ Пер. с англ. под ред. М. М. Колтуна. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.: ил.
3. Чеботарев С.Н., Пащенко А.С., Лунина М.Л. Моделирование зависимостей функциональных характеристик кремниевых солнечных элементов, полученных методом ионно-лучевого осаждения, от толщины и уровня легирования фронтального слоя. ВЕСТНИК ЮЖНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН Том 7, № 4, 2011, С. 25–30.
4. Чопра К., Дас С. Тонкопленочные солнечные элементы: Пер. с англ. с сокращениями. – М.: Мир, 1986. – 435 с.
5. Dennai B., Slimane H. Ben, Helmaoui A. and Tandjaoui M. N.. Modeling of tandem solar cell InP / Ge using AMPS-1D. [Electronic source] [http://ac.els-cdn.com/S1876610213011132/1-s2.0-S1876610213011132-main.pdf?\\_tid=8f42948c-8199-11e6-83aa-00000aacb35e&acdnat=1474640901\\_5aee0525976e047\\_a5f74f5b9ec0dd8c3](http://ac.els-cdn.com/S1876610213011132/1-s2.0-S1876610213011132-main.pdf?_tid=8f42948c-8199-11e6-83aa-00000aacb35e&acdnat=1474640901_5aee0525976e047_a5f74f5b9ec0dd8c3) (date of the application 17.08.16).

## ОПТИМИЗАЦИЯ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОСТРУКТУРЫ AlGaAs - GaAs

*Бесполудин Владислав Валерьевич*

*студент Института нанотехнологий, электроники и приборостроения  
Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог*

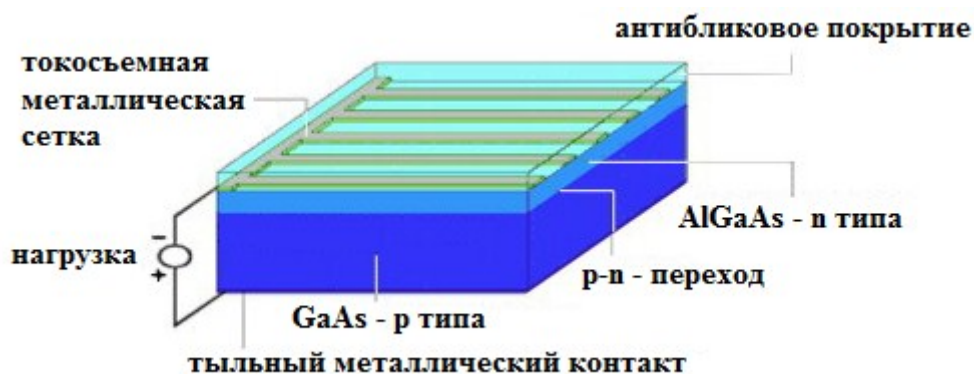
Использование солнечных элементов на основе гетероструктур AlGaAs – GaAs позволяет получать высокоэффективные однокаскадные солнечные элементы. Цель данной работы заключается в повышении эффективности солнечного элемента на основе гетероструктуры AlGaAs – GaAs посредством изменения таких параметров как, толщина слоя AlGaAs, степень его легирования, а также применения текстурирования для снижения оптических потерь. Моделирование данного солнечного элемента будет осуществляться с помощью программы PC1D предназначенной для моделирования солнечных элементов [3;6]. Гетероструктура AlGaAs – GaAs имеет низкую чувствительность к радиационным воздействиям и проявлению дефектов, а также обладают шириной запрещенной зоны для AlGaAs – 1,817 эВ (в данном устройстве) и GaAs – 1,42 эВ, такие значения позволяют поглощать широкий спектр фотонов, что делает данную гетероструктуру AlGaAs – GaAs привлекательной к применению в фотогальванических устройствах.

В данной работе, верхний слой изготовлен из AlGaAs n – типа (1,817 эВ), а нижний слой изготовлен из GaAs p – типа (1,42 эВ). Геометрические параметры устройства составляют: слой GaAs p – типа толщиной 100 мкм, AlGaAs n – типа толщиной от 5 мкм до 0.2 мкм, площадь устройства составляет 110 см<sup>2</sup>. Еще одним из достоинств использования сочетания AlGaAs-GaAs является периоды их решёток 5.85 Å для AlGaAs (зависит от состава Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As) и 5.87 Å для GaAs, что снижает возникновение дислокаций несоответствия. Моделирование проводилась при стандартных условиях, температуры и освещения. Под стандартными (эталонными) условиями понимается температура 25°C, мощность излучения 1000 Вт/м<sup>2</sup>. На рисунке 1 показана гетероструктура



однокаскадного солнечного элемента на основе гетероперехода AlGaAs - GaAs [6;4].

Моделирование проводилось на основе стандартной «диффузионно-дрейфовой» одномерной модели. В этой модели совместно решается система одномерных уравнений с использованием дискретной сетки. Система представлена уравнением Пуассона и двумя уравнениями переноса заряда в случае электронов и дырок.

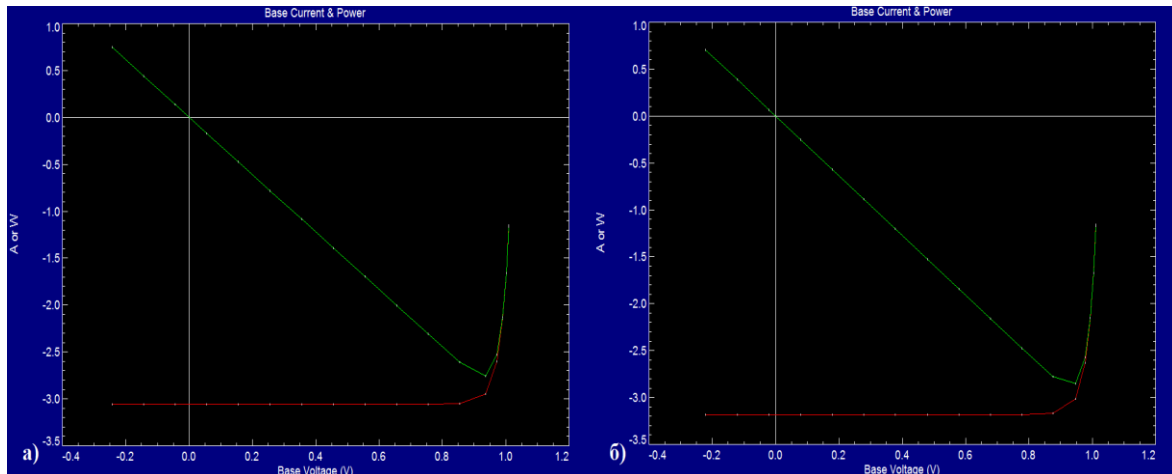


**Рисунок 1. Структура солнечного элемента на основе гетероперехода AlGaAs – GaAs**

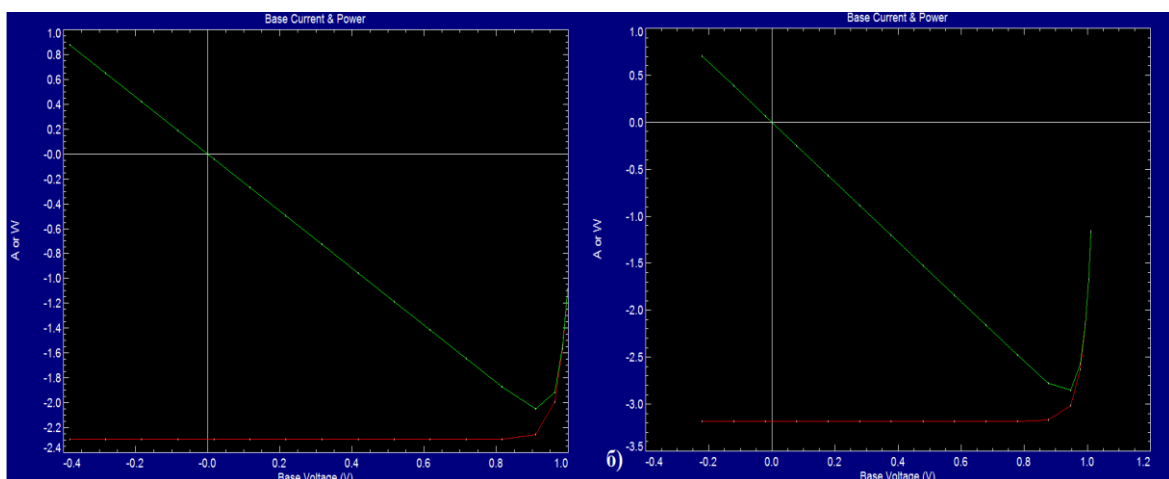
$$\begin{cases} \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}{q} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = p(x, t) + n(x, t) + N_d - N_A \\ -\frac{1}{q} \cdot \frac{dj_n(x, t)}{\partial x} = G_n(x, t) - R_n(x, t) \\ \frac{1}{q} \cdot \frac{\partial j_p(x, t)}{\partial x} = G_p(x, t) - R_p(x, t) \end{cases}$$

где:  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость моделируемого слоя,  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная,  $q$  – заряд электрона,  $p(x,t)$  и  $n(x,t)$  – концентрация дырок и электронов в моделируемом слое,  $\varphi$  – электрический потенциал,  $N_D$  и  $N_A$  – концентрации дырок и акцепторов в моделируемом слое,  $j_n$  и  $j_p$  – плотность электронного и дырочного токов соответственно,  $G_n(x, t)$  и  $G_p(x, t)$  – скорости генерации электронов и дырок,  $R_n(x, t)$  и  $R_p(x, t)$  – скорости рекомбинации электронов и дырок [1;2;7]. На рисунке 2 представлены вольт – амперные и вольт – ваттные характеристики солнечного элемента на основе

гетероструктуры AlGaAs-GaAs при различной толщине слоя AlGaAs n – типа. При изменении толщины слоя AlGaAs с 5 мкм до 0.2 мкм удается добиться увеличения КПД солнечного элемента с 25,4% до 26,08%. Данное увеличение КПД связано с тем что верхний слой AlGaAs генерирует основную часть электронов. С увеличением легирования слоя AlGaAs от  $10^{17}$  до  $10^{20}$  происходит снижение КПД с 26,08 до 18,65% рисунок 3.



**Рисунок 2. ВАХ солнечного элемента на основе гетероперехода AlGaAs – GaAs а) При толщине слоя AlGaAs – 5 мкм б) При толщине слоя AlGaAs – 0.2 мкм**



**Рисунок 3. Влияния степени легирования на ВАХ солнечного элемента а) При степени легирования AlGaAs  $10^{20}$  б) При степени легирования AlGaAs  $10^{17}$**

Причина снижения производительности связана с изменением ширины запрещенной в следствии увеличения легирования слоя AlGaAs [6; 4]. В

данной работе мы также использовали текстурирование фронтальной поверхности, с использованием текстур на поверхности под углом в  $73^\circ$ , что позволило незначительно улучшить КПД устройства с 26,08 % до 26,1%, за счет снижения оптических потерь. Степень легирования фронтального слоя AlGaAs, а также его толщина и применения текстур вносит свой вклад в производительность данного устройства. Правильный подбор этих параметров позволяет повысить КПД устройства. Солнечные элементы на основе гетероструктур AlGaAs – GaAs представляют широкий интерес во многих областях, в частности в применения для космической техники, благодаря их высокой эффективности при высоких температурах, а также низкой чувствительности к радиационным воздействиям [6;5].

### **Список литературы:**

1. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: Теория и эксперимент / Пер. с англ. под ред. Колтуна М.М. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.: ил.
2. Чеботарев С.Н., Пащенко А.С., Лунина М.Л. Моделирование зависимостей функциональных характеристик кремниевых солнечных элементов, полученных методом ионно-лучевого осаждения, от толщины и уровня легирования фронтального слоя. ВЕСТНИК ЮЖНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН Том 7, № 4, 2011, С. 25–30.
3. Dennai B., Slimane H. Ben, Helmaoui A. and Tandjaoui M.N. Modeling of tandem solar cell InP / Ge using AMPS-1D. – [Electronic source] [http://ac.els-cdn.com/S1876610213011132/1-s2.0-S1876610213011132-main.pdf?\\_tid=8f42948c-8199-11e6-83aa-00000aacb35e&acdnat=1474640901\\_5aee0525976e047a5f74f5b9ec0dd8c3](http://ac.els-cdn.com/S1876610213011132/1-s2.0-S1876610213011132-main.pdf?_tid=8f42948c-8199-11e6-83aa-00000aacb35e&acdnat=1474640901_5aee0525976e047a5f74f5b9ec0dd8c3) (date of the application 17.08.16).
4. Mahfoud Abderrezek, Mohamed Fathi, Saad Mekhilef, et al. Effect of Temperature on the GaInP/GaAs Tandem Solar Cell Performances. INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH. 2015. Vol.5, №.2.
5. Rimada J.C., Hernandez L. Modelling of ideal ALGaAs quantum well solar cells. Microelectronics Journal 2001. Vol.32, Issue 9, P. 719–723.
6. Therez F., Alcubilla R. and Chikouche A. AlGaAs-GaAs Solar Cell Development: Electrical Analysis And Prospects For Space Application", Solar Cells, 1986, vol. 18, P. 163–170.
7. Khvostikov Vladimir, Nikolay Kalyuzhnyy, Sergey Mintairov eat al. AlGaAs/GaAs Photovoltaic Converters For High Power Narrowband Radiation.– [Electronic source] [http://oa.upm.es/35774/1/INVE\\_MEM\\_2014\\_189947.pdf](http://oa.upm.es/35774/1/INVE_MEM_2014_189947.pdf) (date of the application 17.09.16).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОКАСКАДНОГО СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА НА ОСНОВЕ ГЕТЕРОПЕРЕХОДА InP – Ge

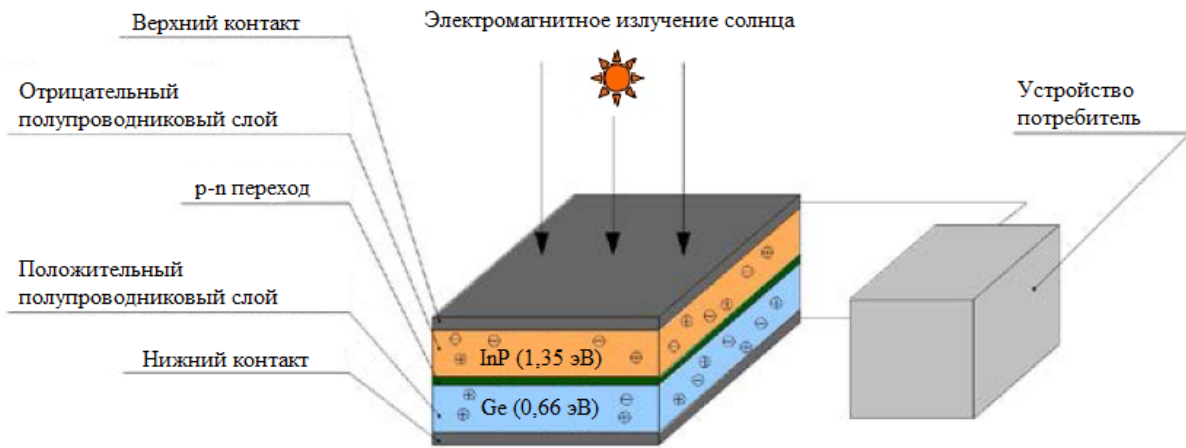
*Бесполудин Владислав Валерьевич*

*студент Института нанотехнологий, электроники и приборостроения  
Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог*

Основная цель данного исследования заключается в увеличении КПД однокаскадного солнечного элемента на основе гетероперехода InP – Ge посредством изменения таких параметров как толщина слоя InP, степень легирования InP, и текстурирование поверхности, с использованием программы PC1D [3;4]. Сочетание таких материалов как InP и Ge является привлекательным, из-за их различной ширины запрещенной зоны, что в сочетании друг с другом позволяет достигать высоких значений эффективности солнечных элементов. В этом исследовании, верхняя слой изготовлен из InP n – типа (1,35 эВ), а нижний слой изготовлен из Ge p – типа (0,66 эВ). Одним из недостатков однокомпонентных солнечных элементов является невозможность поглощать фотоны в широком солнечном спектре от 300 нм до 2500 нм. Для этих целей используют солнечные элементы из различных материалов и с разной шириной запрещенной зоны, как показали исследование данное решение является хорошим подходом к повышению эффективности фотогальванических устройств с одним p – n переходом [4]. В процессе моделирования мы используем слой Ge p – типа толщиной 100 мкм, и слой InP n – типа толщиной от 4 мкм до 1 мкм, площадь устройства составляет 110 см<sup>2</sup>. Моделирование проводилась при стандартных условиях, температуры и освещения.

Исходя из вышеизложенного, мы ожидаем, что сочетание материалов с энергетическими запрещенными зонами, 0,66 эВ и 1,35 эВ дадут высокую эффективность и возможность поглощать фотоны солнечного излучения в широком спектре. Еще одним из достоинств использования сочетания InP – Ge является периоды их решёток 5.87 Å для InP и 5,65 Å для Ge, что снижает

возникновение дислокаций несоответствия, а также высокая подвижность электронов данных материалов, 5400 - 3900 см<sup>2</sup>/ В·с для InP и Ge соответственно. На рисунке 1 показана структура однокаскадного солнечного элемента на основе гетероперехода InP – Ge [1;3;5]. Моделирование проводилось на основе стандартной “диффузионно-дрейфовой” одномерной модели. В этой модели совместно решается система одномерных уравнений с использованием дискретной сетки. Система представлена уравнением Пуассона и двумя уравнениями переноса заряда в случае электронов и дырок.



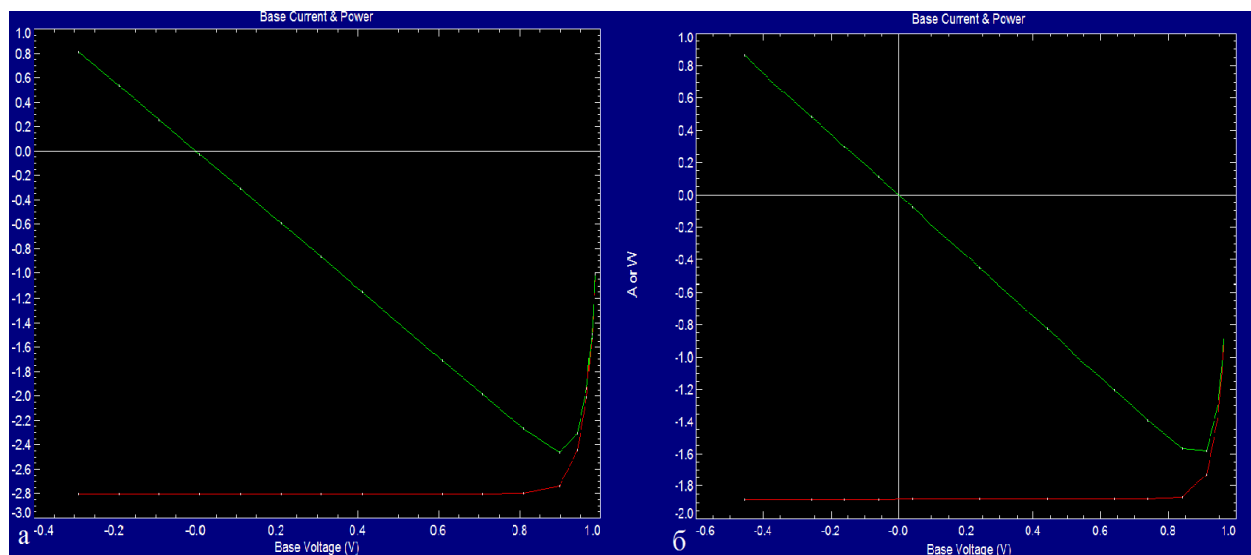
**Рисунок 1. Структура солнечного элемента на основе гетероперехода InP – Ge**

$$\begin{cases} \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0}{q} \cdot \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = p(x, t) + n(x, t) + N_d - N_A \\ -\frac{1}{q} \cdot \frac{dj_n(x, t)}{\partial x} = G_n(x, t) - R_n(x, t) \\ \frac{1}{q} \cdot \frac{\partial j_p(x, t)}{\partial x} = G_p(x, t) - R_p(x, t) \end{cases}$$

где:  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость моделируемого слоя,  $\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная,  $q$  – заряд электрона,  $p(x,t)$  и  $n(x,t)$  – концентрация дырок и электронов в моделируемом слое,  $\varphi$  – электрический потенциал,  $N_D$  и  $N_A$  – концентрации дырок и акцепторов в моделируемом слое,  $j_n$  и  $j_p$  – плотность электронного и дырочного токов соответственно,  $G_n(x, t)$  и  $G_p(x, t)$  –

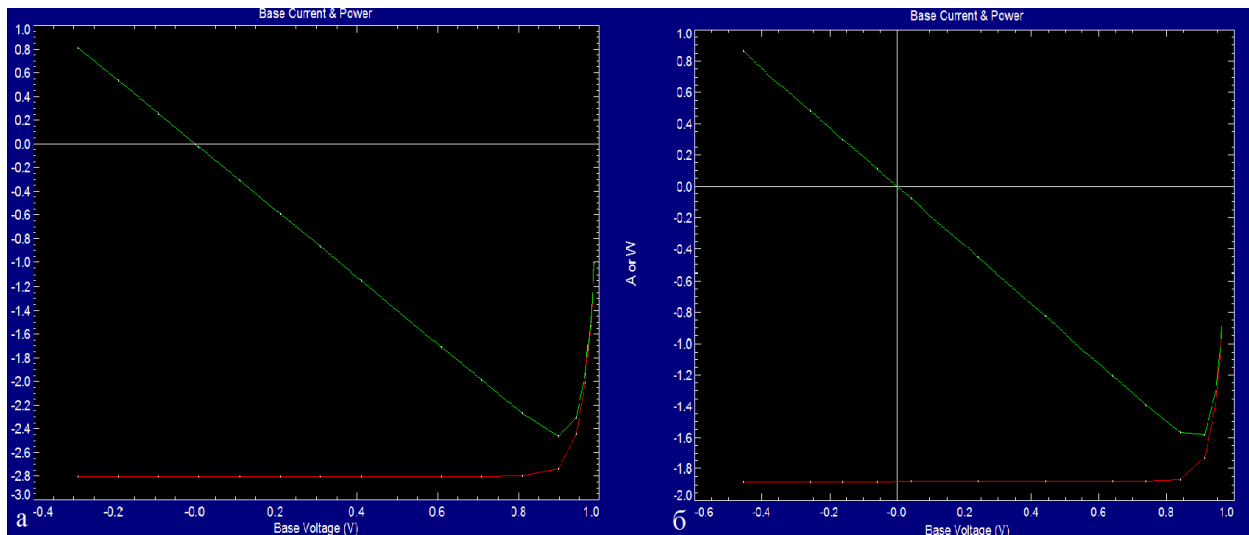
скорости генерации электронов и дырок,  $R_n(x, t)$  и  $R_p(x, t)$  – скорости рекомбинации электронов и дырок [2].

В процессе моделирования менялись такие параметры как толщины слоя InP, степень легирования слоя InP, а также текстурирование фронтальной поверхности для снижения оптических потерь в верхнем слое. При моделировании толщина верхнего слоя InP была изменена с 4 мкм до 1 мкм. Влияния изменения толщины слоя InP на фотоэлектрические характеристики солнечного элемента отражено на рисунке 2. При изменении толщины слоя InP с 4 мкм до 1 мкм происходит увеличение КПД солнечного элемента с 18,9% до 25,45%. Данное увеличение КПД связано с тем что верхний слой InP генерирует основную часть электронов, которым необходимо пройти



**Рисунок 2. ВАХ однокаскадного солнечного элемента InP – Ge**  
**а) При толщине слоя InP 1 мкм б) При толщине слоя InP 4 мкм**

определенное расстояние, чтобы добраться до слоя Ge, и чем меньше это расстояние тем выше вероятность. При увеличении легирования фронтального слоя InP от  $10^{17}$  до  $10^{20}$  происходит снижение КПД с 25,45 до 14,6% рисунок 3. Причина снижения производительности связана с изменением ширины запрещенной зоны слоя InP, в результате чего изменяется и диапазон поглощаемых фотонов [3;4].



**Рисунок 3. Влияния степени легирования на ВАХ солнечного элемента а) При степени легирования  $InP 10^{17}$  б) При степени легирования  $InP 10^{20}$**

В данной работе также было проведено влияние текстурирования на КПД данного устройства, и оно показало что применения слоя текстур в толщину 0,2 мкм и углом в  $71^\circ$  может незначительно улучшать КПД устройства с 25,45% до 26,3%, за счет снижения оптических потерь и лучшей передачи фотонов в глубину материала [4]. В данном исследовании мы показали, что расширенный спектральный охват за счет тщательного подбора материалов, оптимизации толщины, а также степени легирования фронтального слоя InP и текстурирования фронтальной поверхности привело к повышению производительности однокаскадного солнечного элемента на основе гетероперехода InP – Ge с 18,49% до 26,3%. Данные показатели КПД значительно выше, чем показатели производительности однокаскадного солнечного элемента на основе гомоперехода Ge при тех же параметрах толщины степени легирования и текстурирования фронтальной слоя.

### Список литературы:

1. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: Теория и эксперимент / Пер. с англ. под ред. Колтуна М.М. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.: ил.



2. Чеботарев С.Н., Пашенко А.С., Лунина М.Л. Моделирование зависимостей функциональных характеристик кремниевых солнечных элементов, полученных методом ионно-лучевого осаждения, от толщины и уровня легирования фронтального слоя. ВЕСТНИК ЮЖНОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН Том 7, № 4, 2011, С. 25–30.
3. Benmoussa Dennai, Slimane H. Ben, Helmaoui A. Simulation of Tunnel Junction in Cascade Solar Cell (GaAs/Ge) Using AMPS-1D. Journal of nano- and electronic physics. Vol. 6. № 4, (2014).
4. Dennai B., Slimane H. Ben, Helmaoui A. and Tandjaoui M. N.. Modeling of tandem solar cell InP / Ge using AMPS-1D. – [Electronic source] – [http://ac.els-cdn.com/S1876610213011132/1-s2.0-S1876610213011132-main.pdf?\\_tid=8f42948c-8199-11e6-83aa-00000aacb35e&acdnat=1474640901\\_5ae0525976e047a5f74f5b9ec0dd8c3](http://ac.els-cdn.com/S1876610213011132/1-s2.0-S1876610213011132-main.pdf?_tid=8f42948c-8199-11e6-83aa-00000aacb35e&acdnat=1474640901_5ae0525976e047a5f74f5b9ec0dd8c3) (date of the application 17.08/16).
5. Duffie J.A. and Beckman W. A., ‘Solar Engineering of Thermal Processes’, 3rd Edition, John Wiley & Sons, 2006, P. 3.

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*



*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

*УДАЛЕНО ПО ЗАПРОСУ ПРАВООБЛАДАТЕЛЯ*

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЕМКОСТНОГО МЭМС АКСЕЛЕРОМЕТРА ГРЕБЕНЧАТОГО ТИПА НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МИКРООБРАБОТКИ

*Бесполудин Владислав Валерьевич*

*студент Института нанотехнологий, электроники и приборостроения  
Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог*

Поверхностная микрообработка основана на осаждении тонких слоев на поверхности кремниевой подложки и травлении одного или нескольких слоев. Преимущества поверхностной микрообработки заключаются в точном контроле размеров в вертикальном направлении, использование односторонней обработки полупроводниковых пластин, простыми способами. Что позволяет получать более высокую плотность интеграции, и обеспечения массовость производства [4], возможность совместимости с ИС, малый размер, а также более низкая стоимость по сравнению с объемной микрообработкой [7]. Обозначения слоев при изготовлении МЭМС акселерометра, а также толщина материалов применяемых в изготовлении данного акселерометра представлены в таблице 1 и 2 соответственно.

**Таблица 1.**

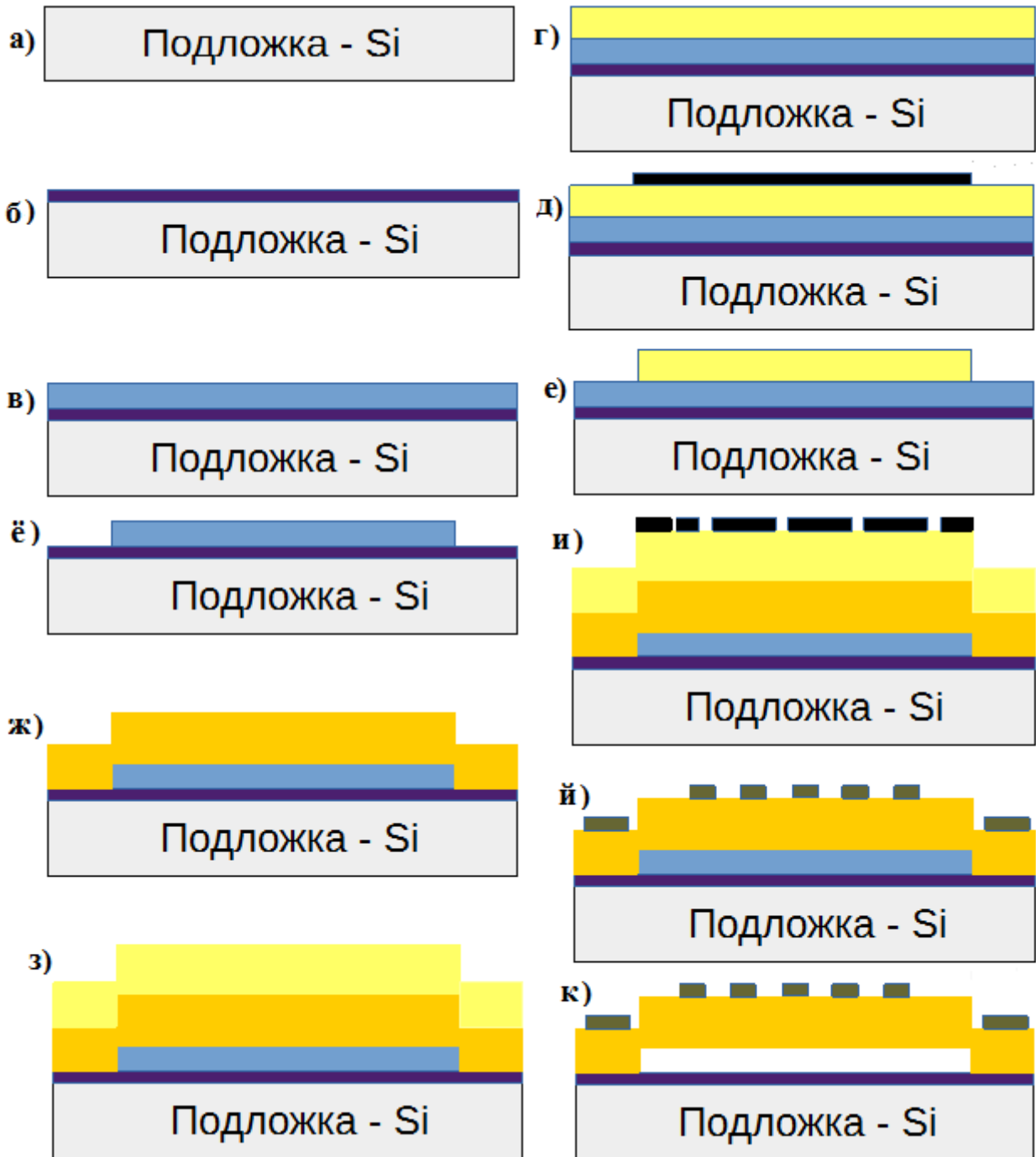
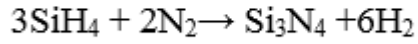
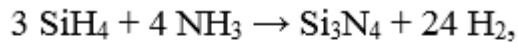
## Обозначения слоев в технологическом маршруте при изготовлении МЭМС акселерометра на основе поверхностной микрообработки

						
Si	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	БСС	Поли Si	ФР	ФШ	Метал (Al, NiV)

1. Очистка подложки кремния осуществляется штатным методом RCA для удаления различных загрязнений перед осаждением слоев рисунок 1(а) [5].

2. Нанесения слоя изоляции Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>. Слой изоляции создаем что при травлении жертвенных слоев не травилась подложка, а также от диффузии примесей в подложку. Данный слой наносим с помощью метода PECVD [6]. Осаждение может происходить при температурах и ниже 400°C рисунок 1(б).





*Рисунок 1. Технологический маршрут изготовления гребенчатого емкостного МЭМС акселерометра на основе поверхностной микрообработки гребенчатого емкостного МЭМС акселерометра на основе поверхностной микрообработки*

3. В качестве жертвенного слоя было выбрано BSG т.к. оно обладает высокой скоростью травления, а также низким коэффициентом термического расширения, что делает его устойчивыми к термоудару рисунок 1(в) [2].

В данном технологическом маршруте мы наносим боросиликатное стекло ( $B_2O_3 - SiO_2$ ) методом PECVD с использованием таких реактивных газов как диборан  $B_2H_6$ , моносилан  $SiH_4$ , закись азота  $N_2O$  и аргон.

4. Нанесения позитивного фоторезиста методом центрифугирования и фотошаблона рисунок 1(г).

5. Нанесения фотошаблона рисунок 1(д).

6. Фотолитография, вскрытие якорных областей рисунок 1 (е).

7. Удаления ненужного БСС используя реактивное ионное травление рисунок 1(ё). Газы, используемые для травления, как правило, представляют собой комбинацию гексафторида серы  $SF_6$  и другого газа, облегчающего процесс травления. Пример комбинацию  $SF_6$  и  $Ar$  для травления боросиликатного стекла [3].

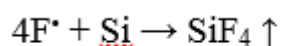
8. Осаждения поликремния методом PECVD рисунок 1(ж). Поликремний является основным конструктивным материалом акселерометра.

9-10. Нанесения фоторезиста и фотошаблона на фоторезист рисунок 1 (з,и).

11. Фотолитография, вскрытие областей под реактивное ионное травление поликремния.

12. Травления поликремния. формирование элементов конструкции.

В качестве рабочего вещества при ПХТ кремния и его соединений обычно используется тетрафторметан  $CF_4$ . Основой процесса травления является реакция между фтором и кремнием с образованием четырехфтористого кремния  $SiF_4$  – соединения, летучего при температуре выше 359К. В общем виде эту реакцию можно записать как:



13. Удаления фоторезиста (различными способами).

14-15. Нанесения фоторезиста и фотошаблона, вскрытие областей под металл.

16. Нанесения металла с помощью магнетронного распыления на постоянном токе.

17. Взрывная фотолитография удаления фоторезиста с фотошаблоном и ненужным металлом рисунок 1(й).

18. Очистка контактов.

19. Отжиг контактов.

20. Удаления боросиликатного стекла с помощью 49% плавиковой кислоте (при комнатной температуре) в течение 1.5–2 минут. За тем несколько минут в деионизированной воде, и в спирте, затем поместить в сушильный шкаф на 10 минут при температуре 110°C [1].

21. Реализация конструкции рисунок 1(к).

22. Скрабирование, ломка на чипы.

23. Установка в корпус.

24. Разварка выводов. Металлы активные к окислению хуже поддаются разварки, примером такого металла может служить алюминий.

25. Герметизация контроль герметичности.

26. Испытания устройства.

27. Маркировка.

28. Сдача на склад.

**Таблица 2.**

**Толщина конструктивных материалов используемых при изготовлении акселерометра**

Слой материала	Толщина, мкм
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	0.6
БСС	2.0
Поликремний	4
NiV	0.5

В результате выполнения последовательных операций мы изготовили конструкцию емкостного микроакселерометра на основе поверхностной микрообработке. Данная конструкция емкостного гребенчатого акселерометра с одной осью чувствительность может быть реализована в автомобильных подушках безопасности.

## Список литературы:

1. Cowen Allen, Hardy Busbee, Mahadevan Ramaswamy, [et al.]. a MUMPs® process PolyMUMPs Design Handbook. – [Electronic source] <http://inst.cs.berkeley.edu/~ee245/fa08/handouts/PolyMUMPs.DR.v11.pdf> (date of the application 30.05.2016).
2. Filmetrics. Refractive Index of BSG, Borosilicate Glass, Microscope Slide – [Electronic source] <http://www.filmetrics.com/refractive-index-database/BSG/Borosilicate-Glass-Microscope-Slide> (date of the application 30.05.2016).
3. Huang Ann Christine. Process characterization of the reactive-ion etching of borosilicate glass for microfluidic channels. M.Sc., A Thesis presented to the Faculty of California Polytechnic State University, San Luis Obispo. August 2010. P.60.
4. MEMS & Nanotechnology Exchange. Fabricating MEMS and nanotechnology. – [Electronic source] – <https://www.memsexchange.org/MEMS/fabrication.html> (date of the application 30.05.2016).
5. RCA clean. – [Electronic source] – <http://inside.mines.edu/~sagarwal/phgn435/Clean.htm> (date of the application 29.05.2016).
6. Silicium nitride, LPCVD and PECVD deposition. Stress control. Deposition of silicon nitride layers.  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . – [Electronic source] <https://www.crystec.com/kllnitre.htm> (date of the application 30.05.2016).
7. Yazıcıoğlu Refet Fırat. Surface micromachined capacitive accelerometers using mems technology. M.Sc., Department of Electrical and Electronics Engineering Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tayfun Akın. August 2003, P. 232.

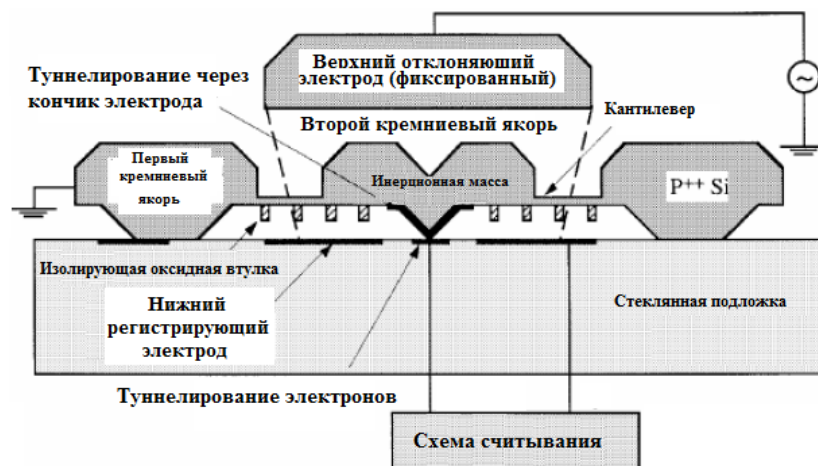
# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО МАРШРУТА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТУННЕЛЬНОГО АКСЕЛЕРОМЕТРА НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ МИКРООБРАБОТКИ

*Бесполудин Владислав Валерьевич*

*студент Института нанотехнологий, электроники и приборостроения  
Южного федерального университета,  
РФ, г. Таганрог*

Туннельные акселерометры преобразуют ускорение в изменения туннельного тока. В них возможно электронное туннелирование между двумя проводящими электродами, если эти электроды расположены достаточно близко друг к другу. Острый металлический наконечник расположен над металлической поверхностью на высоте около 10 ангстрем. Небольшие изменения (порядка 1 ангстрем) расстояния между металлическим наконечником и поверхностью приводят к большим изменениям туннельного тока (10–50%) [1;8].

Туннельный ток наблюдается когда разрыв между двумя проводящими материалами составляет около 10 Å. Когда зазор между проводящими материалами уменьшается, туннельный ток увеличивается [9]. Два фактора определяющие туннелирования тока между двумя электродами, это расстояние между электродами и острота кончика проводящего материала. Чем острее кончик проводящего материала, тем вероятность туннелирования электронов увеличивается [9]. Рисунок 1 показывает структуру и принцип работы туннельного акселерометра. После того, как кончик электрода подводится достаточно близко для осуществления туннелирования к противоположному электроду путем применения подходящего напряжения,  $V_0$ , к нижнему электроду, постоянный ток туннелирования,  $I_{\text{tun}}$  устанавливается. Этот туннельный ток является постоянным, если масса находится в неподвижном состоянии и напряжения туннелирования ( $V_{\text{tun}}$ ) постоянно. При ускорении, масса отклоняется от положения покоя, что приводит к изменению туннельного тока.



**Рисунок 1. Пример конструкции туннельного акселерометра**

Схема считывания воспринимает это изменение и регистрирует напряжение,  $V_0$ , определяя перемещения. С помощью этого механизма обратной связи, туннельный ток остается постоянным и ускорение может быть измерена от с изменением напряжения,  $V_0$ . Верхний гибкий электрод используется для целей самотестирования.







Пример технологического маршрута изготовления туннельного микроакселеромета приведен на рисунке 1.

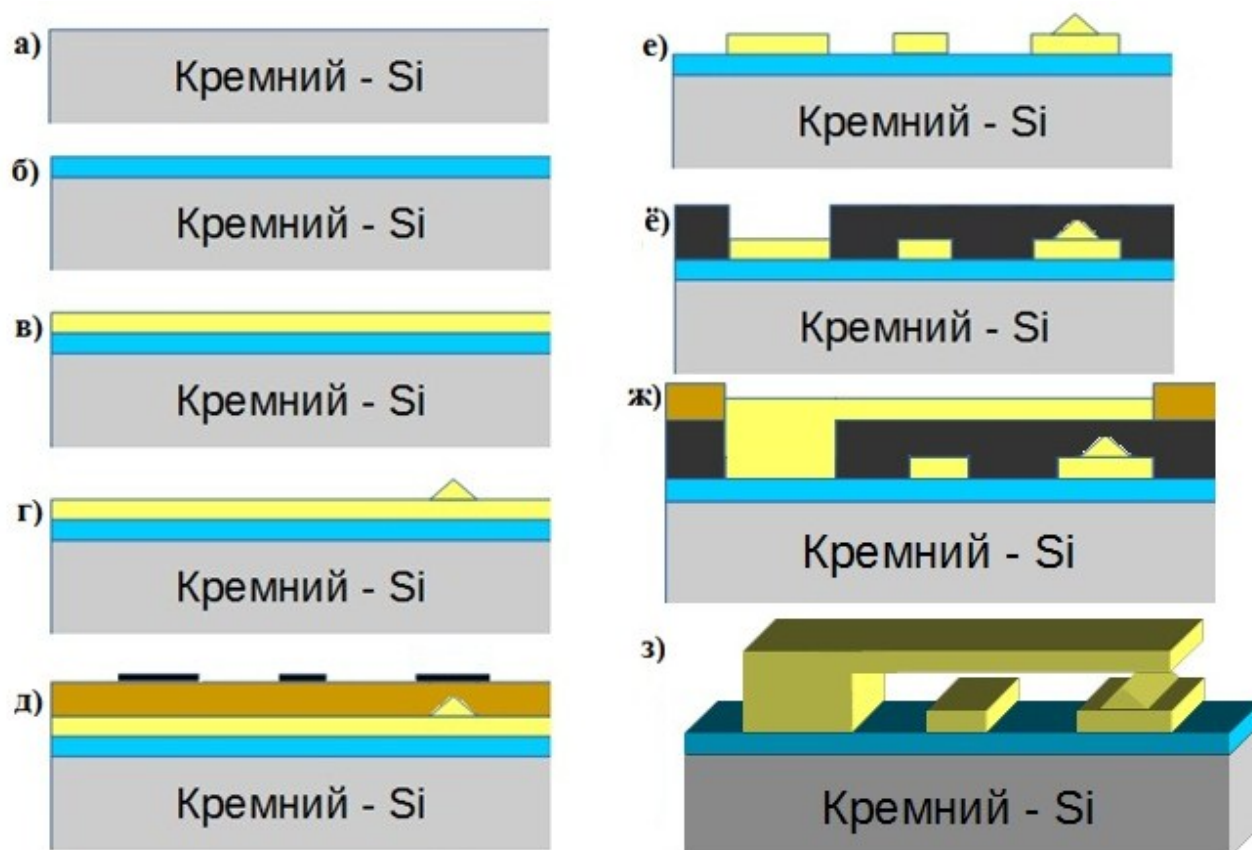
1. Очистка подложки кремния осуществляется штатным методом RCA состоящим из нескольких этапов удаления различных загрязнений. Удаление органических загрязнений, тонких слоев оксидов, и удаление ионных загрязнений [5;6]. Он используется для очистки кремниевых пластин на начальных этапах обработки. Как правило, осуществляется перед осаждением слоев на кремний и воздействию высоких температур обработки, таких как термического окисления или диффузия рисунок 2(а) [5;6].

2. Нанесения слоя изоляции  $Si_3N_4$ . Слой изоляции создаем что при травлении жертвенных слоев не травилась подложка, а также от диффузии примесей в подложку, также этот слой обладает низкой усталость рисунок 2 (б). Слой  $Si_3N_4$ . наносим с помощью плазма стимулирования PECVD [6;4;1].

3. Нанесения композиции металлов Ti/Pt/Au с помощью электронно-лучевого напыления рисунок 2(в) [3].

**Обозначения слоев в технологическом маршруте при изготовлении туннельного акселерометра на основе поверхностной микрообработки**

Si	Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	Ti/Pt/Au	ФР	ФШ	SiO <sub>2</sub>
					



**Рисунок 2. Технологический маршрут изготовления туннельного микроакселерометра на основе поверхностной микрообработки**

4. Изготовления кончика для туннелирования посредством FIB-литографии и ионной модификации рисунок 2(г).

5. Нанесения фоторезиста и фотошаблона рисунок 2 (д).

6. Используя реактивное ионное травление вытравливаем слой Ti/Pt/Au рисунок 2 (е)[3].

7. Нанесения жертвенного слоя, в качестве жертвенного слоя используем БСС рисунок 2(ё).

8. Нанесения Au, формирование кантиеливерной балки рисунок 2(ж).

9. Удаления слоя  $\text{SiO}_2$  с помощью 49% плавиковой кислоте (при комнатной температуре) в течение 1.5–2 минут. За тем несколько минут в деионизированной воде, и в спирте, затем поместить в сушильный шкаф на 10 минут при температуре  $110^\circ\text{C}$  [3] рисунок 2(з).

10. Реализация конструкции рисунок 2(к).

11. Скрабирование, ломка на чипы.

12. Установка в корпус

13. Разварка выводов. Металлы активные к окислению хуже поддаются разварки, примером такого металла может служить алюминий.

14. Герметизация контроль герметичности.

15. Испытания устройства.

16. Маркировка.

17. Сдача на склад.

Туннельный акселерометр может быть изготовлен с помощью поверхностной и объемной микрообработки. Оба метода изготовления туннельных микромеханических акселерометров описаны в работе [2]. Уровень шума, как правило, меньше в объемном - микромеханическом акселерометре [2].

Примеры туннельных акселерометров с высокой производительность предложены и в других работах [9], где датчик изготавливается с помощью объемной микрообработки кремния. Туннельные акселерометры обладают высокой чувствительностью, так как туннельный ток весьма чувствителен к смещению. Эти устройства имеют небольшие размеры, широкую полосу пропускания, и высокую чувствительность, тем не менее, они страдают от дрейфа, а также шума  $1/f$  шум [9]. Кроме того, изготовление их не такое простое. Поэтому они не нашли широкого применения в промышленных устройствах.



## Список литературы:

1. Распопов В.Я. «Микромеханические приборы». – Москва: Изд-во Машиностроение, 2007. – 400 с.
2. Boyden Edward. Rifai Osamah El. Hubert Brian. A High-Performance Tunneling Accelerometer. Term Project 6.777, Introduction to Microelectromechanical Systems Spring 1999, Prof. Stephen D. Senturia.
3. Cruz Samantha C., Lee Kevin P. and Ponnnavolu Deepak. Tunneling accelerometers. – [Electronic source] <http://clifton.mech.northwestern.edu/~me381/project/done/Accelerometer.pdf> (date of the application 22.05.2016).
4. Electron Beam Evaporator E-Beam Evaporator – [Electronic source] – <http://www.e-beam-evaporator.com/e-flux.pdf> (date of the application 30.05.2016).
5. MEMS & Nanotechnology Exchange. Fabricating MEMS and nanotechnology. – [Electronic source] – <https://www.mems-exchange.org/.MEMS/fabrication.html> (date of the application 30.05.2016).
6. Microtech. RCA critical cleaning process. – [Electronic source] – [http://www.microtechprocess.com/pdf/MTS\\_RCA.pdf](http://www.microtechprocess.com/pdf/MTS_RCA.pdf) (date of the application 29.05.2016).
7. RCA clean. – [Electronic source] – <http://inside.mines.edu/~sagarwal/phgn435/Clean.htm> (date of the application 29.05.2016).
8. Silicium nitride, LPCVD and PECVD deposition. Stress control. Deposition of silicon nitride layers.  $\text{Si}_3\text{N}_4$ . – [Electronic source] – <https://www.crystec.com/kllnitre.htm> (date of the application 30.05.2016).
9. Tunneling accelerometer. – [Electronic source] – [http://micromachine.stanford.edu/projects/tunneling\\_sensors/Accel/AccelSummary.html](http://micromachine.stanford.edu/projects/tunneling_sensors/Accel/AccelSummary.html).(date of the application 21.05.2016).
10. Yazıcıoğlu Refet Fırat. Surface micromachined capacitive accelerometers using mems technology. M.Sc., Department of Electrical and Electronics Engineering Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Tayfun Akın. August 2003, P.232.

## **ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЯ И ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ В СЛОЖНЫХ ГРУНТОВЫХ УСЛОВИЯХ**

***Винтер Алиса Валерьевна***

*студент, Сибирский федеральный университет,  
РФ, г. Красноярск*

***Мезенцев Владислав Вадимович***

*студент, Сибирский федеральный университет,  
РФ, г. Красноярск*

***Преснов Олег Михайлович***

*научный руководитель,  
кандидат технических наук, Сибирский федеральный университет,  
РФ, г. Красноярск*

Проблемы, возникающие при проектировании и строительстве оснований и фундаментов высотных зданий обусловлены тем, что рост этажности и размеров здания в плане приводит к существенным качественным изменениям процесса формирования напряженно-деформированного состояния (НДС) основания, конструкций фундаментов и здания, а также совместной работы всей системы в целом. В результате значительная нагрузка от фундаментов высотных зданий передается на отложения, обладающие недостаточно высокими прочностными и деформационными характеристиками. Соответственно, роль основания в этой системе увеличивается.

Проектирование уникальных зданий и сооружений без учета совместной работы конструкций здания и грунтового основания может привести к неточности в определении нагрузки на грунт и его поведении. В следствие этого основание может потерять свою устойчивость.

**Следствием неучета совместной работы конструкций здания и грунтового основания могут стать:**

- искривление стен и появление трещин (при неравномерной осадке фундамента);
- развитие крена (при продольном крене отдельных частей сооружения осадочные швы могут закрываться либо раскрываться);

- значительные смещения конструкций, которые ограждают массив грунта или заделаны в него;
- выпор грунта, сопровождающийся большой осадкой фундамента.

### **Этапы развития расчета системы «основание – фундамент – надфундаментная конструкция»**

#### ***1 этап. Проектирование строительных конструкций по предельным состояниям***

Концепции и методики расчетов оснований и фундаментов, основанные на методе предельных состояний, были разработаны и апробированы строительной практикой СССР для зданий и сооружений этажностью до 17–22 этажей с фундаментами, передающими на естественное грунтовое или укрепленное основание нагрузки **не выше 0,2–0,3 МПа** и устраиваемыми в котлованах глубиной до 15–20 м. В стесненных условиях среднее расчетное давление, например, под 30-этажным жилым домом достигает порядка **0,5–0,7 МПа**. В СССР практически не сталкивались с такими величинами давлений при опирании фундаментов зданий на нескальные грунты.

Современные российские нормы проектирования являются переработкой советских нормативных документов и также не устанавливают конкретных требований к расчету уникальных зданий, зданий повышенной этажности. Действующая система нормативов в строительстве предполагает индивидуальный подход к проектированию высотных зданий, разработку технических условий (ТУ) для каждого из них.

#### ***2 этап. Проектирование строительных конструкций с помощью ЭВМ в простейших программных комплексах***

В начале 60-х годов в отечественном строительстве возникло новое направление – строительство зданий повышенной этажности. В результате этого увеличилась величина передаваемых на грунтовое основание нагрузок. Это привело к следующим трудностям в проектировании оснований.

Во-первых, учет нелинейного характера зависимости между сдвиговыми напряжениями и деформациями имеет принципиальное значение при

моделировании работы грунта. При напряжениях, достаточно далеких от предела прочности деформации будут происходить достаточно медленно; при приближении к пределу прочности скорости деформации будут резко возрастать.

Во-вторых, повышение нагрузок на основание приводит к существенным качественным изменениям процесса формирования напряженно-деформированного состояния (НДС) основания, конструкций фундаментов и здания, а также совместной работы всей системы в целом. В результате в процессы формирования НДС зоны влияния высотного здания вовлекаются огромные массивы грунта как под подошвой фундаментов (плиты, пят свай), так и в стороне от ограждающих конструкций.

Ведущим ученым строительной отрасли стало ясно, что решение задач, возникших при появлении высотного строительства, необходимо искать в применении численных методов, а также ЭВМ, которые в то время были еще весьма несовершенны и для строительной отрасли трудно доступны.

Ближе к 2000 годам произошел бум в сфере компьютеризации: появились «понятные» операционные системы, которые сделали персональный компьютер доступным для строительной отрасли. Вместе с тем развивались и программы, которые существуют и по сей день: LIRA, SCAD, STARK ES и др. Основным недостатком данных программных комплексов была невозможность совместного расчета системы, поэтому на практике проектировщики разбивали этот расчет на две части:

- основание + фундамент;
- фундамент + надфундаментная конструкция.

***3 этап. Проектирование строительных конструкций с учетом совместной работы всей системы***

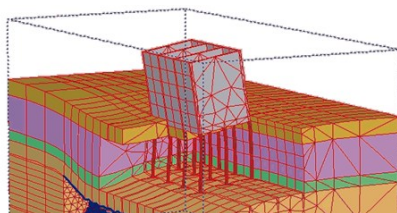
Сегодня, когда современные программные комплексы позволяют выполнять сложнейшие совместные расчеты строительных конструкций с учетом разнообразных комбинаций нагрузок, перед проектировщиками

остаются вечные проблемы, которые не позволяют довести точность этого расчета до идеального, такие как:

- трудность представления основания в общей расчетной модели;
- трудность оценки деформируемости грунтов во всех точках основания и выбора коэффициентов постели (буровые скважины обычно располагаются через 20–50 м);
- трудность определения глубины сжимаемой толщи.

Центральные научно-исследовательские институты и проектные организации работают над этими проблемами, стараясь минимизировать разницу между результатами расчета и реальными показателями.

Кроме того, уже сегодня современные программные комплексы (PLAXIS 2D, MIDAS GTS и т.д.) дают приближенные к реальным значения параметров (осадка, глубина сжимаемой толщи).



***Рисунок 1. Расчетная схема в программе PLAXIS 2D***

На международном форуме высотного и уникального строительства «100+ FORUM RUSSIA» в 2015 году ведущими проектными институтами была проанализирована работа основания высотного здания; были определены глубина сжимаемой толщи и максимальная осадка от действия собственного веса здания. Результаты сведены в таблицу 1.

## Сравнение результатов

Определяемые параметры	СП 22.13330.2011	PLAXIS 2D	MIDAS GTS
75% нагрузки (без полезной нагрузки)			
Глубина сжимаемой толщи, м	26,5	<b>40,5</b>	37,4
Максимальная осадка, мм	393	<b>321</b>	400
Неравномерная осадка, мм	-	77	77
100% нагрузки (с полезной нагрузкой)			
Глубина сжимаемой толщи, м	30,8	<b>50,5</b>	48,9
Максимальная осадка, мм	580	<b>545</b>	577
Неравномерная осадка, мм	-	47	135

Расчетные значения данных параметров были сравнены с фактическими и было определено, что значения параметров в программном комплексе PLAXIS 2D наиболее приближены к ним.

## Список литературы:

1. Общие положения к техническим требованиям по проектированию жилых зданий высотой более 75 м/ Правительство Москвы; ОАО ЦНИИЭП жилища и др. – М., 2002.
2. СНиП 2.02.01–83\*. Основания зданий и сооружений/ Госстрой РФ; НИИОСП. – М., 1985.
3. СП 50-101–2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений/ Госстрой РФ; НИИОСП и др. – М., 2005.
4. Тер-Мартirosян З.Г., Теличенко В.И., Королев М.В. Проблемы механики грунтов, оснований и фундаментов при строительстве многофункциональных высотных зданий и комплексов// Вестник МГСУ. – 2006.– №1.– С.18–27.

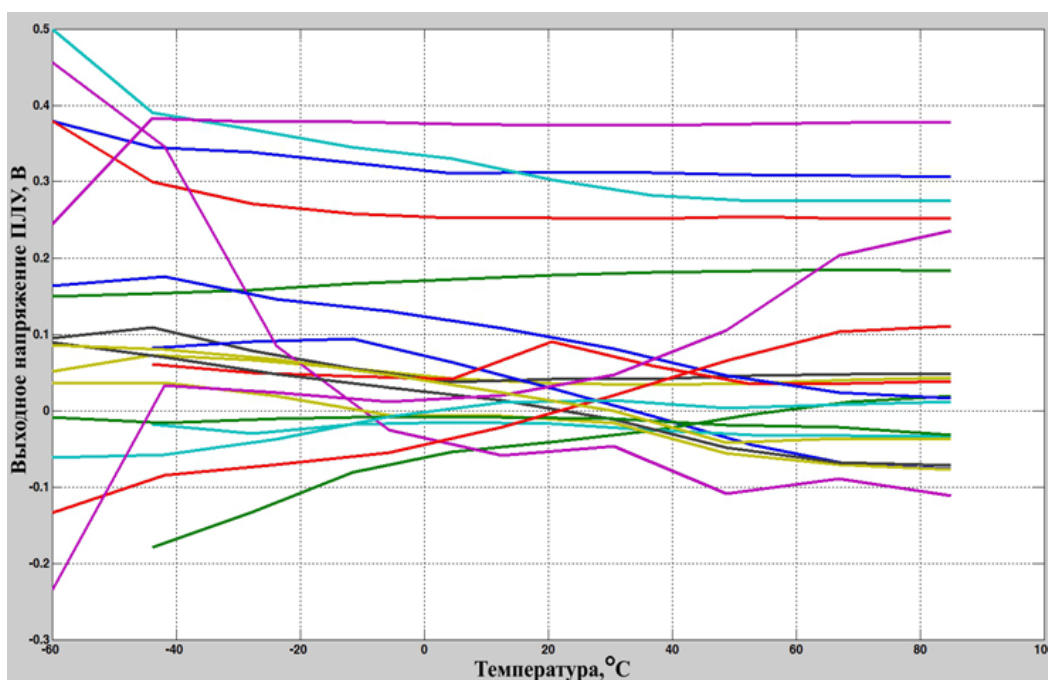
## АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ КОМПАУНДОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДРЕЙФА ДАТЧИКА УДАРА

*Головинский Максим Сергеевич*  
магистрант, НИУ МИЭТ,  
РФ, г. Москва

*Гундарцев Михаил Александрович*  
магистрант, НИУ МИЭТ,  
РФ, г. Москва

*Шалимов Андрей Сергеевич*  
научный руководитель, канд. техн. наук, доц., НИУ МИЭТ,  
РФ, г. Москва

В результате проведения многочисленных испытаний датчиков удара на температурный дрейф и набора определенной статистики мы можем гарантировать, что он (температурный дрейф) составляет – 4.56% от диапазона – это недопустимо много. Если посмотреть на графике представленные на рисунке 1, приведенные для датчиков (19 образцов датчиков удара, для которых были получены зависимости температурного дрейфа), то можно заметить, что в основном завал характеристики идет при отрицательных температурах. Значит, скорее всего, это связано с влагой, которая осаждается на образец и вносит неуправляемую неконтролируемую паразитную емкость.



**Рисунок 1. График зависимости выходного напряжения датчика удара от действующей температуры**

По результатам анализа имеющихся данных были сделаны следующие выводы: характер температурного дрейфа датчика удара не может быть описан линейной функцией, а также в диапазоне отрицательной температуры наблюдается завал характеристик. По этой причине, было принято решение провести эксперименты с различными влагозащитными материалами применительно к печатной плате экспериментального стенда. К ним предъявляется 2 требования:

- после заливки влагозащитный материал не должен изменять смещение нуля датчика удара, так как перед заливкой они калибруются, и выполнить эту операцию повторно после заливки невозможно;
- температурный дрейф с использованием влагозащитных материалов должен получиться намного меньше, чем без него.

«Были рассмотрены следующие материалы: Sylgard 184, СИЭЛ 159-254, Силтерм-1К и Elastosil 607 Wacker, их параметры приведены в таблице 1, в которой представлены ключевые параметры данных материалов» [1, с. 280].

**Таблица 1.**

**Параметры влагозащитных материалов**

Марка влагозащитного материала	Sylgard 184 (The Dow Corning)	СИЭЛ 159-254 (ГНЦ РФ «ГНИИХТЭОС»)	Силтерм-1К (ООО «Алет ТМ»)	Elastosil 607 (Wacker)	Стеклоэктолит FR4 Huazheng Electronics, Kingboard Laminates
Дизэлектрическая проницаемость	2.68	2.7	3.1	3.7	4.5
Тангенс угла диэлектрических потерь	0.00133	0.001	0.01	-	0.018
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·см	$2.9 \cdot 10^{14}$	$10^{14}$	$10 \cdot 10^{14}$	$10^{14}$	-



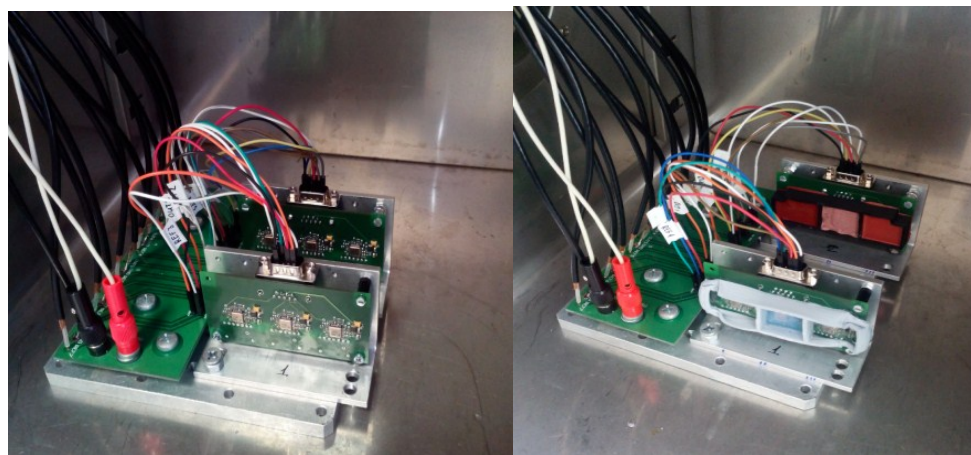
Для проведения эксперимента были собраны образцы с разным диапазоном измеряемых ускорений: 1 шт.  $\pm 5g$ , 1 шт.  $\pm 10g$ , 1 шт.  $\pm 50g$ , 1 шт.  $\pm 100g$ .

Исследования проводились на испытательном стенде совместно с камерой тепла-холода Espes MC-811P, представленной на рисунке 2.



**Рисунок 2. Камера тепла-холода Espes MC-811P**

Перед тем, как выполнить заливку образцов различными компаундами были выполнены измерения основных параметров датчиков удара. После этого образцы были залиты компаундами, и измерения их основных параметров были повторены.



**а)**

**б)**

**Рисунок 3. Стенд измерения параметров, образцы перед заливкой компаундами (а) и после (б)**

Результаты измерений в диапазоне температур от минус 60°C до 85°C представлены на рисунке 4.

Относительное изменение параметра ПЛУ после заливки, %	Sylgard 184		СИЭЛ 159-254		Свлерм-1К		Elastosil 607 Wacker	
	+	-	+	-	+	-	+	-
Масштабный коэффициент	-17.8	-15.85	-23.8	-0.89	-4	0	-52.4	-52.4
Смещение нуля	+142.3	+142.3	+287.7	-2.27	-59.4	-55.08	+280.1	+294.9
Нелинейность статической характеристики	+10	-20	+7381.25	+177.7	-20	-8.05	-76.88	-89.1
Долговременная нестабильность	-53.3		-69.2		-85.7		-86.8	
Температурная нестабильность смещения нуля	-14.8		-24.09		-42.66		-78.7	

**Условные обозначения:**

- минимальное отклонение параметра с совпадением знака для ускорения
- минимальное отклонение параметра с несовпадением знака для ускорения
- ухудшение параметра с совпадением знака для ускорения
- ухудшение параметра с несовпадением знака для ускорения
- улучшение параметра

*Рисунок 4. Результаты измерений*

### Список литературы:

1. Головинский М.С., Шалимов А.С., Пильгук Г.А. Анализ возможности применения влагозащитных материалов для снижения температурного дрейфа преобразователей линейного ускорения – [Электронный ресурс]: сборник материалов международной научно-практической конференции / М.С. Головинский, А.С. Шалимов, Г.А.Пильгук // Научные открытия 2016. Международная научно-практическая конференция: сайт. – Режим доступа:[http://olimpiks.ru/d/797165/d/sbornik\\_konferentsii\\_ho-9.pdf](http://olimpiks.ru/d/797165/d/sbornik_konferentsii_ho-9.pdf) (Дата обращения: 01.10.2016).

## **МЕТАН КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ ГОРЮЧЕЕ ДЛЯ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ**

***Гуц Юлия Андреевна***

*студент, Южно-Уральский государственный университет,  
РФ, г. Челябинск*

***Смирнова Вероника Евгеньевна***

*студент, Южно-Уральский государственный университет,  
РФ, г. Челябинск*

С момента запуска в эксплуатацию нового российского космодрома «Восточный» как никогда актуальной стала тема развития современного производства ракетной техники, а именно – ракет-носителей тяжелого класса.

Российская экономика позволяет выполнить эту задачу лишь при условии относительной дешевизны новых проектов, поскольку в последние годы отмечается тенденция снижения зависимости экономики России от «нефтяной иглы»; также финансовая проблема усугубляется тяжелой экономической конфронтацией с европейскими странами (в виде санкций и т.п.). В связи с таким положением российские деятели науки и руководители ведущих предприятий по производству ракетносителей все чаще высказывают мнение о перспективах использования метана в качестве ракетного топлива, что позволит снизить затраты на производство космических аппаратов.

Безусловно, решение заменить стандартный набор используемого топлива в России – серьезный шаг, поскольку, во-первых, он требует разработки и внедрения метановых ракетных двигателей, а во-вторых, создание новой ракеты повлечет за собой необходимость разработки стартового комплекса, так как в России не эксплуатируются универсальные ракетные комплексы.

Несмотря на этот факт, затраты могут быть покрыты за счет дешевизны метана. Как известно, метан является главной составляющей природного газа (77–99%), запасы которого в России составляют около 40% мировых. Учитывая, что помимо метана природный газ содержит этан, пропан, бутан и другие газы, которые имеют схожие с метаном характеристики, отпадает необходимость проведения сложных технологических процессов получения

метана, за исключением его очистки до получения требуемых характеристик. Вполне вероятно, что возможно использование «чистого» природного газа как нового топлива для ЖРД без дополнительных затрат, как того требует, к примеру, керосин, добываемый путем перегонки, а также вторичной переработки нефти.

Помимо доступности, метан также обладает сравнительно низкой стоимостью.

Рассматривая положительные топливные характеристики метана, можно выделить следующие положения:

- более низкая взрывоопасность по сравнению с керосином и водородом за счет высокого октанового числа метана (110–125 единиц);
- возможность упрощения криогенного оборудования, так как температура испарения сжиженного природного газа (СПГ) намного выше, чем у жидкого водорода;
- по сравнению с ЖРД, работающими на кислороде-керосине, ЖРД на метане имеют более низкие напряженные параметры при одинаковых прочих характеристиках, т.е. топливная пара кислород-метан имеет существенно большую удельную тягу;
- благодаря тому, что жидкий метан можно хранить при более высоких температурах, топливные баки ракеты могут уменьшить габаритные размеры за счет уменьшения необходимой теплоизоляции;
- в трактах горючего метановых ЖРД при огневых испытаниях не остается твердой фазы, поэтому для повторных испытаний не требуется обработка полостей горючего; топливная система ракеты, использующей метан, прекрасно приспособлена для многократного применения — остатки горючего легко испаряются при нормальной температуре;
- безопасность и экологичность; метан не оказывает физиологического действия на человека и не ядовит. Это позволит избежать пагубного воздействия на окружающую среду, а также обезопасить работников, непосредственно связанных с заправкой ракеты;

- возможность заправки на других планетах и спутниках: метан в большом количестве содержится в космосе, это означает, что его не нужно брать с собой для совершения долговременных миссий; это значительно сократит стоимость космических полетов;

- двигатели на метане не требуют разработки принципиально новой схемы производства, поскольку двигатели на водороде довольно близки им по конструкции; к тому же, не требуется и специальная подготовка кадров.

Сравним свойства топливной пары «СПГ – жидкий кислород» со свойствами других используемых в России топливных пар.

Пара «кислород - керосин», которая является самой популярной в отечественном ракетостроении, имеет менее высокие удельные характеристики и в последнее время всё больше увеличивает свою стоимость. Дело в том, что для ракетного керосина требуется нефть особого качества, месторождений которой не так много, кроме того они постепенно опустошаются. Ныне используемый керосин является смешением композиций, добываемых на нескольких скважинах, а заветная марка получается способом дорогостоящей перегонки.

Пара «кислород-водород» также применяется как ракетное топливо и является одной из перспективных замен керосину. Водород имеет высокий удельный импульс, его производство не зависит от каких-либо невозобновляемых источников, однако и здесь есть ряд существенных недостатков. Во-первых, высокая криогенность. Содержание в баках ракеты водорода требует низкой температуры (около 250 градусов по Цельсию), а это приводит к дополнительным затратам на охлаждающие и изоляционные системы. Во-вторых, низкая плотность, гораздо меньше, чем у керосина. В связи с этим водород нельзя использовать на первой ступени ракеты, так как слишком большое его количество требуется на начальном этапе полёта.

Пара «НДМГ (несимметричный диметилгидразин) – тетраоксид азота» широко использовалась во время СССР, но, несмотря на преимущества гептила: высокая плотность, самовоспламеняемость при контакте топливных

компонентов, возможность длительного хранения ракет в заправленном виде при нормальных температурах – в современном мире применение этого вида горючего неоправданно и неприемлемо. Причиной тому высокая токсичность.

Возможность использования метана в качестве ракетного топлива рассматривается уже на протяжении десятков лет, однако сейчас есть только стендовые варианты и экспериментальные образцы таких двигателей. К примеру, самарское ЦСКБ «Прогресс» представило свое видение ракеты будущего – перспективного носителя сверхтяжелого класса, все двигатели которого работают на сжиженном природном газе, призванного помочь РФ реализовать амбиции по колонизации Луны [2].

РНПЦ им. М.В.Хруничева разрабатывает многоразовую ракетно-космическую систему МРКС-1 на основе кислородно-метановых двигателей с 2011 г. РКК «Энергия» также ведет разработку конструкторской документации на ракету-носитель «Воздушный старт» и блок ракеты-носителя на жидком метане. ГРЦ им. Макеева занимался созданием комплекса «Рикша», использующего в качестве топлива жидкий метан и предназначавшегося для выведения полезной нагрузки на низкие и средние околоземные орбиты.

Среди преуспевающих предприятий особенно выделяется НПО «Энергомаш», поскольку оно имеет серьезную экспериментальную и производственную базу для создания метановых двигателей тягой 600 и более тонн [1]. «Энергомаш» занимается метановым направлением с 1981 года, уже созданы демонстраторы, которые успешно отработали на испытательных стендах. По информации от гендиректора предприятия, созданием нового ракетного двигателя, вероятно, займутся сразу два КБ – «Энергомаш» и «Химавтоматики» [3].

Что касается зарубежного опыта создания двигателей на «зелёном» топливе, на данный момент существует несколько компаний, заявляющих об использовании метана в своих проектах. Одной из таких компаний является «SpaceX» Илона Маска. Разрабатываемому двигателю «Raptor» ставятся

следующие цели: удельный импульс 382 секунды и тяга в 310 тонн на 300 Бар (3 МН).

Таким образом, метан на данный момент является одним из самых перспективных горючих для космонавтики. Конечно, учёным и инженерам необходимо решить ещё множество вопросов и задач, связанных с введением в эксплуатацию метановых ракетных двигателей, но есть все основания полагать, что будущее космонавтики и межпланетных полётов, о которых так давно грезит человечество, будет основано на природном газе.

### **Список литературы:**

1. Космический тупик. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://zavjalov.okis.ru/kosmicheskij-tupik.html> (Дата обращения: 16.10.2016).
2. Новый ракетный двигатель: метан на службе у космонавтики. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://globalscience.ru/article/read/95/> (Дата обращения: 15.10.2016).
3. «Энергомаш» разработает метановый ракетный двигатель. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.vestifinance.ru/articles/74840> (Дата обращения: 17.10.2016).

## **ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ГАЗОТРУБНЫХ КОТЛОВ И АКТУАЛЬНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ**

***Степашкин Иван Александрович***

*студент, Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Рютикова Светлана Андреевна***

*студент, Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Кихтенко Владимир Александрович***

*студент, Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Слободина Екатерина Николаевна***

*научный руководитель, ассистент кафедры «Теплоэнергетика»,  
Омский технический государственный университет,  
РФ, г. Омск*

В статье рассмотрена история развития газотрубных котлов, представлена классификация по основным рабочим характеристикам. Обоснована актуальность применения газотрубного котла в качестве источника тепла для децентрализованных систем теплоснабжения.

Отопительный сезон на большей территории Российской Федерации составляет более полугода: это связано с суровым северным климатом.

На данный момент централизованные источники тепла выработали свой ресурс более чем на 70%, а энергетические потери при транспортировке теплоносителя в тепловых сетях, при норме не более 5%, доходят до 20%.

Утечки теплоносителя составляют 18–20%, в то время как допускаемые утечки составляют всего лишь 0.5%. В среднем по стране более 12% тепловых сетей затапливаются грунтовыми водами, в отдельных регионах эта цифра может достигать 70%. Учитывая тепловые потери, утечку теплоносителя, повреждаемость тепловых сетей и другие нарушения в эксплуатации, общий износ тепловых сетей на данный момент составляет около 70%. По оценкам экспертов, около 15% тепловых сетей нуждаются в безотлагательной замене. Для приведения в надлежащее состояние тепловых сетей требуется заменить



более 150 тыс. километров теплотрасс в двухтрубном исчислении. Причем окупаемость возможна через 8–10 лет, что малопривлекательно для инвесторов [5].

Внедрение децентрализованного теплоснабжения поможет решить целый перечень проблем.

Во-первых, затраты на строительство теплоснабжения включаются в стоимость жилья, что позволяет не допускать крупных финансовых вложений, тем самым ускоряя оборот капитала.

Во-вторых, благодаря децентрализованному теплоснабжению пользователь сам сможет регулировать подачу тепла, следовательно, и затраты на отопление.

В-третьих, рекомендуемые теплогенераторы с закрытой топкой обеспечивают требуемую безопасность [5].

Эффективным энергосберегающим мероприятием является внедрение и разработка децентрализованных систем теплоснабжения с автономными источниками тепла. Источник теплоты в этих системах – газотрубный котел.

Газотрубный котел – это котел, в котором продукты сгорания топлива проходят внутри труб поверхностей нагрева, а вода и пароводяная смесь – снаружи труб [2].

Газотрубные котлы подразделяются на следующие типы: водогрейные и паровые.

Первые упоминания о паровых котлах встречаются в начале 17 в. в трудах ученых: Дж. Делла Порта, Э. С. Вустера, С. де Ко. Но более обширное применение паровых котлов наблюдалось в конце 17 в. – начале 18 в. Это было связано со стремительно развивающейся в то время горнозаводской и угледобывающей промышленностью. Самым первым паровым котлом считается котел, сконструированный Дени Папеном в 1680 году.

В дальнейшем многие именитые ученые вносили свой вклад в развитие котлостроения и теории котлов. Ученый Н.А. Львов произвел серьезные изменения в топочной технике, создав трубчатый калорифер. В конце 18 в.

изучением процессов горения занимались академики В.В. Петров и Я.Д. Захаров. Во второй половине 19 в. ученые И.П. Алымов и И.А. Вышнеградский решили актуальные для того времени вопросы теории паровых котлов. В 1907 году ученый Н.П. Петров сформулировал рекомендации по конструированию паровых котлов и первым изложил основы теории циркуляции в паровых котлах [3].

Теоретическое и экспериментальное исследование рабочих процессов котлов продвигалось в работах ученых М. Н. Демьянова, Г.Ф. Делпа, А.П. Гавриленко, К.В. Кирша и В.И. Гриневецкого. Профессор И.А. Тиме построил ряд паросиловых установок. Профессор М.Н. Демьянов проводил исследования в области дымовых труб. Профессор Г.Ф. Делп сосредоточил свое внимание на конструктивных решениях котельного агрегата, также к нему относятся важнейшие решения проблем сжигания топлива. В 1915 г. профессор В.И. Гриневецкий разработал графический метод расчета парового котла. Одними из самых известных конструкторов и изобретателей котельной техники того времени являются В.Я. Долголенко, В.Г. Шухов, Н.Н. Тверской и др. [1].

Развитие паровых котлов продвигалось по двум векторам: увеличение числа потоков газа в газотрубных котлах и увеличение числа потоков воды и пара в водотрубных котлах. Первые газотрубные паровые котлы представляли собой сосуды цилиндрической формы, в которые изначально вставляли от одной до трех труб большого диаметра (жаровые трубы), а в дальнейшем десятки труб существенно меньшего диаметра (дымогарные трубы), по которым проходил газ. В период массового производства котлов в целях судостроения, был сконструирован горизонтальный газотрубный котел, который представлял собой топку, образование пара в которой осуществлялось путем охлаждения ее водой, при этом диаметр топки был почти в 2 раза меньше диаметра котла. Первым создателем такого котла является Оливер Эванс. Спустя 5 лет после изобретения Оливера Эванса, в 1791 г. Натан Рид сконструировал газотрубный котел, который и по сей день является актуальным. Главной особенностью новой конструкции стало то, что под

пространство для образующегося пара отводилось не менее половины от объема котла, это во много раз снижало риск его перегрузки.

Увеличение поверхности нагрева газотрубных паровых котлов происходило без изменения габаритов первоначального цилиндрического котла, или даже в меньших габаритах. Вследствие этого повысилась паропроизводительность (мощность для водогрейного) котла, а также улучшилась передача тепла от дымовых газов к поверхности нагрева, что привело к снижению температуры газов на выходе из парового котла, то есть к повышению КПД.

Газотрубные паровые котлы отличались от цилиндрических относительно малыми размерами и высоким КПД (около 60%), но все же при этом их производительность не превышала нескольких тонн пара в час, а особенности конструкции ограничивали давление пара в котле в пределах 1,5–1,8 МПа. Поэтому газотрубные паровые котлы сохранились только на транспортных установках (паровозы, пароходы), а из стационарных установок они полностью вытеснены водотрубными котлами.

Создание водотрубных паровых котлов происходило путём увеличения числа цилиндров, составлявших котёл. Изначально котел содержал от трех до девяти цилиндров с относительно большим диаметром (батареи котлы), а затем до нескольких десятков и сотен цилиндров небольших диаметров, превратившихся в кипяtilьные, а в дальнейшем и в экранные трубы.

В последнее время на рынке промышленного котельного оборудования представлен большой ассортимент паровых и водогрейных котлов как отечественного, так и зарубежного производства. Иностраные котлы имеют отличительные особенности в зависимости от страны их производства. Так например, западногерманские производители промышленных котлов изготавливают котлы марок Viessmann, Vaillant, Buderus, работающих на жидком, твердом и газовом топливе. Котлы, которые производят в Германии отличаются достаточно высоким качеством и долгим сроком обслуживания. Котлы могут работать от 20 до 40 лет, но они являются очень дорогостоящими.

Бельгийские, испанские, французские, итальянские котлы работают до 10 лет. Турецкие, чешские, словацкие промышленные котлы при определенном качестве сравнительно недорогие. Котлы, произведенные в Японии и Южной Корее, обладают высокой степенью автоматизации, но также имеют дорогую стоимость. Если сравнивать российские котлы с иностранными аналогами, то российские котлы имеют наилучшее соотношение "цена-качество". Отечественные производители котельного оборудования выгодно отличаются от зарубежных тем, что российские производители, прежде всего при проектировании котлов, учитывают суровые климатические условия нашей страны, особенно Сибири и Дальнего Севера [1].

Газотрубные котлы классифицируются по группам согласно определенным характеристикам.

По мощности котла: котлы малой мощности от 4 до 65 кВт, котлы средней мощности от 72 до 1750 кВт, котлы большой мощности от 1860 до 15000 кВт.

По конструкции котлы классифицируются на: стальные, чугунные, специальные [6].

По расположению: горизонтальные; вертикальные.

По конструкции жаровой трубы: с гладкими жаровыми трубами; с волнистыми жаровыми трубами.

По количеству жаровых труб: с одной жаровой трубой; с двумя жаровыми трубами.

По ходу дымовых газов: с оборотом дымовых газов (реверс) в жаровой трубе; с двойным ходом дымовых газов; с тройным ходом дымовых газов.

По наличию экономайзера: с экономайзером; без экономайзера.

По режиму эксплуатации: работающие в базисном режиме; работающие в маневренном режиме [4].

При выборе котла следует обращать внимание на следующие параметры: высокое качество, повышенная ремонтпригодность, долговечность, экономичность, доступная стоимость, универсальность, возможность работы на различ-

ных видах топлива, быстрый и качественный монтаж, выход на мощность в течение короткого времени, что важно в суровых климатических условиях [3].

### **Список литературы:**

1. Гонтаренко, А.Ф. / История развития котельной техники / А.Ф. Гонтаренко. – Безопасность труда в промышленности. – 2013. – № 3. – С. 76–80.
2. ГОСТ 23172-78 Котлы стационарные. Термины и определения (утв. постановлением Госстандарта СССР от 12 июня 1978 г. №1576 с Изменением № 1, утвержденным в апреле 1983 г. (ИУС 7-83)).
3. ГОСТ СТО ЦКТИ 10.018-2009, Газотрубные котлы. Требования к проектированию, конструкции, изготовлению, монтажу, ремонту и эксплуатации (ОАО НПО ЦКТИ, 16.03.2009).
4. Михайлов, А.Г. / Вопросы выбора теплогенераторов / А.Г. Михайлов, Д.С. Романенко, С.В. Терехилов. – Омский научный вестник. – 2008. – № 2. – 54–56 с.
5. Полонский, В.М. /Автономное теплоснабжение/ Г.И. Титов, А.В. Полонский. – М.: Изд-во АСВ. – 2006. – 152с.
6. Слободина Е.Н. / Вопросы выбора газотрубных котлов как источников теплоты для автономного теплоснабжения / Е.Н. Слободина. – Наука, образование, общество: проблемы и перспективы развития / сб. научн. тр. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Тамбов, 28 февраля 2014 В 12 ч. Часть 10; М-во обр. и науки РФ. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-наука-общество», 2014. – Ч. 10. – С. 134–136.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЙ РЕШЕНИЙ ПРИ НАЗНАЧЕНИИ «ПОВЫШЕННОЙ» СТИПЕНДИИ**

***Молчанова Алена Викторовна***

*магистр, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск*

***Мяловский Виталий Алексеевич***

*магистр, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск*

***Ильина Елена Александровна***

*научный руководитель, канд. пед. наук, доц.,  
ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»,  
РФ, г. Магнитогорск*

Стипендия, назначаемая по постановлению № 945 «О порядке совершенствования стипендиального обеспечения обучающихся в федеральных государственных образовательных учреждениях профессионального образования» от 18 ноября 2011 года, называется «повышенная» стипендия и выплачивается студенту, который имеет отличительные способности в важных для ВУЗах деятельности, которые описаны в постановлении. Для распределения и назначения данного вида выплаты создается специальная стипендиальная комиссия, состоящая из экспертов-специалистов на каждый вид деятельности. Перед назначенными людьми стоит важный вопрос: «Как быстро и качественно обработать все данные, подаваемые студентом и так же быстро выбрать студентов, прошедших конкурс?». Проанализировав данную проблематику конкретной ситуации, было принято решения создать программный продукт или информационную систему, которая могла бы решить поставленные проблемы и ответить на главный вопрос.

Информационные системы повсеместно распространены в нашем модернизированном, современном мире. Почти каждый процесс в какой-либо системе, или в каком-либо производстве, так или иначе, соприкасается с информацией. Рассмотрев различные классы информационных систем, по

разным качествам и свойствам, для разработки программного продукта была выбрана система поддержки принятия решений.

Принятие решений представляет собой сложный процесс, на который оказывает воздействие целый ряд различных факторов.

Для разработки любого программного обеспечения или системы, решающие определенные задачи, первоначально требуется произвести сбор исходных данных и формулировку условий задачи. После постановки задачи производится анализ и исследование задачи, вследствие чего, моделирование.

Существует большое количество видов моделей, для разных целей и разной специфики. После определения цели моделирования строится концептуальная модель исследуемого объекта

Схема состоит из 3 основных блоков. Первый блок – блок основных объектов системы, второй блок – возможности основных объектов, а третий блок – итоговые данные.

В состав первого блока входят два главных объекта системы – «Студент» и «Комиссия». Каждый человек, входящий в состав двух главных блоков, имеет свой личный кабинет, в котором предусмотрен ряд функций, которые определены определенными полномочиями.

Функции личного кабинета для объекта «Студент»:

- 1) просмотр личных данных (группа, факультет, Ф.И.О и так далее);
- 2) электронная зачетка. Модуль, внедренный в ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова» в 2014 года на образовательном портале. Каждый студент может зайти и просмотреть свои оценки за все годы обучения, а так же средний балл за обучение;
- 3) подача заявления на конкурс получения стипендии по нормативу № 945. Главная часть личного кабинета студента для СППР. Смысл этого модуля – определение студентом деятельности и критериев по видам деятельности, за которые предполагается получать «повышенную» стипендию
- 4) просмотр статуса заявления на конкурс получения стипендии по нормативу № 945 «О порядке совершенствования стипендиального

обеспечения обучающихся в федеральных государственных образовательных учреждениях профессионального образования». Студент имеет право просматривать статусы своего заявления и точно знать – ожидать получения стипендии или же нет.

В составе «Комиссии» входит пять экспертов, для каждого определены однотипные функции: просмотр информации о студентах, подавших заявку на конкурс; оценивание заявлений студентов, подавших заявку на конкурс; создание отчетности для различных кафедр и деканатов.

Первостепенная задача личного кабинета экспертов для системы поддержки принятия решения является оценивание заявлений студентов, подавших заявку на конкурс. Остальные функции: выставление оценки для каждого студента и предоставление готовых итоговых списков студентов с разбалловкой, как результат работы системы.

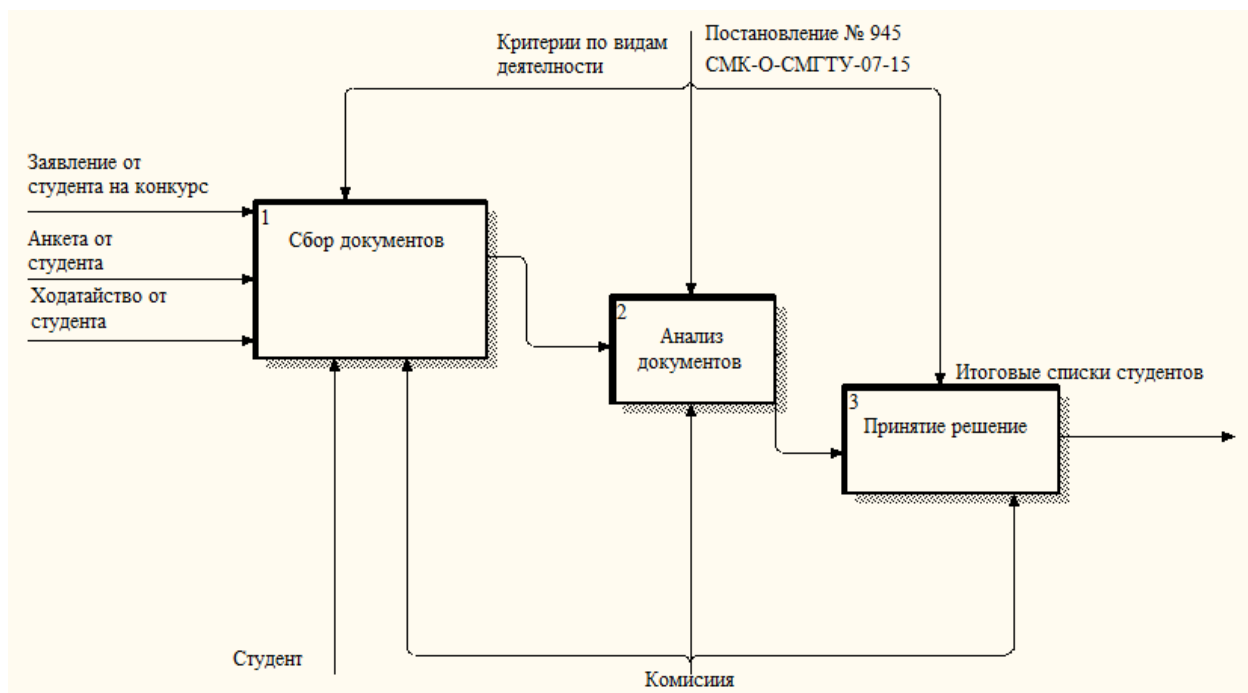
Следующим этапом в проектирование какой-либо системы идет этап декомпозиции. Рассмотрим определение этого этапа. Декомпозиция – это представление системы в виде совокупности подсистем (или элементов), называемой декомпозиционным множеством.

Слева от блоков изображаются входные параметры, справа – выходные, сверху – средства, помогающие в решение проблем и снизу – операторы, которые участвует в определенном процессе.

Первым элементом является «Сбор документов» комиссией, на вход которому подаются различные документы от студентов: анкета с данными о студенте (ФИО, курс, факультет, телефон, e-mail), ходатайство и заявление на конкурс, где студент выбирает деятельность и критерии по виду деятельности, прикрепляя доказательства участия.

Следующий процесс – «Анализ документов» данный процесс проводится комиссией, без участия обучающихся. Последний процесс – «Принятие решения», которые предоставляет итоговые списки студентов с разбалловкой.





**Рисунок 1. Декомпозиция проблем для системы поддержки принятия решения в рамках программного комплекса «Совершенствование стипендиального обеспечения студентов»**

Для каждого процесса вспомогательными средствами служат:

- 1) критерии по видам деятельности (общественная, научно–исследовательская, спортивная, культурно–творческая);
- 2) СМК-О-СМГТУ-07-15. Стипендиальное обеспечение и другие формы материальной поддержки обучающихся студентов ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова»;
- 3) Постановление № 945 «О порядке совершенствования стипендиального обеспечения обучающихся в федеральных государственных образовательных учреждениях профессионального образования».

В статье были рассмотрены проектные решения при создании системы поддержки принятия решения в рамках программного комплекса «Совершенствование стипендиального обеспечения студентов». Было произведено описание понятий концептуальной модели и декомпозиции проблемы. Как видно из представленного материала процесс разработки состоит из множества подпроцессов, или дисциплин. После проведение этих подпроцессов была создана система поддержки принятия решения в рамках

программного комплекса «Совершенствование стипендиального обеспечения студентов».

### **Список литературы:**

1. Логунова О.С. Методика исследования предметной области на основе теоретико-множественного анализа / О.С. Логунова, Е.А. Ильина // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2012. – № 2. – С. 281–291.
2. Мяловский В.А., Хафизов А.Р., Молчанова А.В. Об информационных системах и системе поддержки принятия решений//X міжнародна науково-практична студентська конференція магістрантів. – Харків. – 2016. – С. 136–137.
3. Попов А.Л. Системы поддержки принятия решений: Учебно-метод. пособие / Попов А.Л. – Екатеринбург: Урал. гос. ун-т, 2008. – 80 с.
4. Постановление № 945 «О порядке совершенствования стипендиального обеспечения обучающихся в федеральных государственных образовательных учреждениях профессионального образования».
5. СМК-О-СМГТУ-07-15. Стипендиальное обеспечение и другие формы материальной поддержки обучающихся студентов ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2015.
6. Молчанова А.В., Хафизов А.Р., Мяловский В.А. Этапы процедуры начисления денежных выплат студента ФГБОУ ВПО // *Ab ovo ...* (С самого начала). – 2015. – № 2. – С.36–39.

## СОЦИАЛЬНЫЕ СЕТИ И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГЕ

*Нагуманов Нурсултан Нуржанович*

*студент, Западно-Казахстанский Инновационный технологический университет,  
Республика Казахстан, г. Уральск*

*Кажиакпарова Жадыра Сериковна*

*научный руководитель, канд. пед. наук, доц., Западно-Казахстанский Инновационный технологический университет,  
Республика Казахстан, г. Уральск*

В 1864 году российский предприниматель Николай Шустов запустил в производство свой коньяк. И раскручивал он его весьма необычным способом: нанял несколько десятков студентов, которые ходили по кабакам Москвы и требовали шустовский коньяк. Если этого напитка в кабаке не было, студенты «свирепели» и зачинали драку. О драках судачила вся пресса, и хватило месяца, чтобы столица узнала о коньяке Шустова. Это один из старейших примеров социального продвижения.

Интернет-маркетинг в социальных сетях—преимущества:

Если сравнивать использование социальных медиа с традиционной рекламой (например, баннерной), обнаруживается ряд преимуществ продвижения своей компании через сообщества:

- невысокая стоимость рекламной кампании (цена за один контакт стоит минимум в два раза дешевле традиционной рекламы, при этом каждый контакт представляет собой реальную ценность);
- более широкий и точный охват целевой аудитории. Более того, социальные сети по своей популярности превосходят все традиционные ресурсы, не превышая разве только актуальности поисковых систем. И аудитория соцсетей растет ежедневно;
- возможность получать быструю обратную связь от клиентов и оперативно реагировать на нее;
- повышение лояльности покупателей вследствие «очеловечивания» бренда компании. Реклама в социальных сетях не столь явная, она не

рассматривается пользователями как навязываемая, скорее сообщение воспринимается как рекомендации знакомых, как мнение интересных людей лидеров сообществ (и это вызывает большее доверие);

- удобная платформа для общения, ведения переговоров, обмена данными с потенциальными клиентами;

- интеграции с программами для ведения бизнеса, в частности – ChatDesk, amostm и др. позволяют учитывать и проводить мониторинг всех показателей, а это залог успешного бизнеса, так как, не зная статистику бизнеса, невозможно нормально управлять бизнесом;

- создание интересного контента для пользователей и подписчиков, в частности-обзоры, видеореклама, видеообзоры, конференции, презентации, опросы среди пользователей, аудиосообщения, голосования и др.;

- возможность подключения таргетированной рекламы- данная полезная возможность в SMM имеет огромные преимущества, потому что позволяет создавать и увеличивать клиентскую базу по интересам потенциальных заказчиков и клиентам, то есть вы ищите и набираете только тех клиентов, которым важен ваш товар или услуга, учитывая их потребности, увлечения, интересы, хобби и др.;

- Возможность настройки контекстной рекламы, данный вид SMM, позволяет выводить товар или услугу в топ списке запросов по интересам человека, простым языком это баннерная реклама в интернете по интересам человека.

Популярные социальные сети:

В пятерку наиболее популярных в России соцсетей входят: сайт «В Контакте» (29,1 млн. пользователей среднемесячно), «Одноклассники» (25,2 млн. пользователей в месяц), Youtube (24,3 млн.), «Мой Мир» Mail.ru (22,8 млн.). Далее по популярности следуют Livejournal (16,1 млн. человек), Facebook (15,4 млн. человек), Rutube (15 млн.), Liveinternet (11,2 млн.), Fotostrana (10,4 млн.), Я.ру (4,8 млн.) и Twitter (4,2 млн. пользователей).

От себя хотелось бы добавить, что на данный момент огромную популярность и удобство применения в сфере SMM, набирает социальная сеть,

такая как – “Instagram”. Самое главное, что в данной социальной сети, охват целевых и вовлеченность клиентов в 15 раз превышает российскую сеть – «ВКонтакте». Это объясняется тем что, инстаграм используют в большей части по всему миру и удобством применения, а в “в контакте” хорошо используется только в странах СНГ.

Особым преимуществом социальной сети – Instagram, является то что, есть функции ведения полной статистики аккаунта, то есть в каком количестве был охват? Сколько было просмотров контента за единицу времени? В какое время суток наиболее лучшая вовлеченность? Сколько было переходов и запросов в поиске? Какая целевая аудитория и какой их потенциальный возраст и др. Это выгодное преимущество перед другими социальными сетями, помогает успешно развивать маркетинг в социальных сетях, узнаваемость бренда, улучшать сервис и потребности людей, а также увеличивать продажи и мониторить все основные показатели.

### **Основы и инструменты SMM**

Одно из главных плюсов SMM маркетинга перед традиционными инструментами продвижения в социальных медиа является его долговечность: этот метод работает на перспективу, создавая желаемый образ или позитивное восприятие бренда у целевой аудитории. Как инструмент оптимизации SMM появился с возникновением крупных социальных сетей – в Европе ими стали Facebook (2004 г.) и Twitter (2006 год), в России – «Одноклассники» (2006 год) и «ВКонтакте» (2006 год). Конечно, социальные сети возникали и раньше – например, Classmates.com (1995 г.) и Livejournal.com (1999 год), однако они не были столь значительны, и число пользователей этих площадок было невелико.

Сегодня, когда Интернет распространен фактически повсеместно, SMM располагает огромным набором инструментов для продвижения (по некоторым подсчетам, их более 100), которые можно разделить по категориям:

**1. Создание и продвижение сообществ бренда** – сообществ компании, встреч и мероприятий в социальных сетях, разработка сообществ для каждого продукта компании, поддержка групп и сообществ сотрудников компании и т.д.

**2. Раскрутка на нишевых социальных сетях** – в закрытых соцсетях, продвижение контента в тематических медиа – (Habrahabr, Dirty.ru, например), продвижение новостей на новостных сервисах (News2, Newsland), обозначение бренда на гео-сервисах (привязка к определенной географической точке), раскрутка через мобильные приложения соцсетей, через рекомендательные площадки (Imhonet, Reputacia.ru).

**3. Создание и развитие собственных информационных площадок** – корпоративного блога и видеоблога, онлайн-ТВ, написание гостевых постов на тематических ресурсах, RSS-маркетинг, размещение на ресурсах социальных закладок, ведение корпоративной площадки на Twitter (в том числе организация на ней акций), обновление статусов на Facebook и официальных страниц «ВКонтакте», выстраивание партнерства в социальных сетях и пр.

**4. Продвижение контента** – аудиоконтента, видеоконтента (на видеоагрегаторах), фотографий на фотоагрегаторах, распространение социальных релизов, написание статей для Wikipedia, распространение уникального бесплатного контента (например, электронной книги).

**5. Проведение интерактивных акций** – виртуальных флешмобов, вебинаров, опросов, консалтинговых акций (с привлечением экспертов), акций тестирования, игр в соцсетях, а также эксклюзивных условий для пользователей ресурса компании (бесплатные посещения, скидки и т.д.)

**6. <<Вирусный>> маркетинг** – создание вирусных инфоповодов, контента, вирусных сайтов, распространение мемов (информационных объектов – картинки, ролика, символа, – которые быстро расходятся по Сети и RL и приобретают широкую известность).

**7. «Партизанский маркетинг»** – создание малобюджетных способов рекламы и маркетинга, его особенностью является в том, что, партизанский маркетинг не требует больших материальных вложений или не требует вообще в ряде случаев.

Поэтому данный вид маркетинга часто называют –малобюджетный маркетинг, а его польза от внедрения поистине огромная

## **8. Партнерская реклама между сообществами в социальных сетях-**

очень хорошо помогает сотрудничать в сфере маркетинга, проводя обмен рекламой, товаров и услуг, данный вид SMM, к тому же не стоит больших денег, а если учитывать, что сейчас есть возможность сотрудничать со звездами, артистами и популярными личностями, то это без сомнений повысит узнаваемость бренда и лояльность среди потенциальных клиентов, а также вызовет хорошие продажи.

### **Примеры успешных SMM:**

Строительный торговый дом «Петрович» в Санкт-Петербурге записал небольшой вирусный ролик: обычная «газель» предстала в нем в виде спортмобиля, дрифтующего и выполняющего невероятные трюки на льду. Желтый тент машины и веселая надпись «Вам везет! Петрович» привлекали дополнительное внимание к бренду. «Посев» видеоролика проходил на развлекательных сайтах и форумах, имитировалась активность и на YouTube. В итоге за первые 2 недели после запуска, «вирус» собрал более ста тысяч просмотров в интернете.

Перед презентацией самой быстрой модели автомобилей Smart — Smart Brabus – рекламное агентство BBDO Dusseldorf (Германия) создала необычную партизанскую рекламу, носителем которой стал самый известный разводной мост в самом центре Роттердама. Каждый раз когда разводили мосты, Brabus имитировал прыжок на полной скорости через создавшуюся пропасть. В результате еще до появления модели в продаже компанией было получено более 2000 заказов на новый автомобиль.

### **Список литературы:**

1. Колчин В – [www.prodaznik.ru](http://www.prodaznik.ru).
2. Спелстра И. – «агрессивный маркетинг» (2009), – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL – <http://www.labyrinth.ru/books/87536/> (Дата обращения 10.10.2016 г.)

## **МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ БУРОВОГО ИНСТРУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МАТРИЦЫ КООРДИНАТ РАСПОЛОЖЕНИЯ РЕЗЦОВ**

*Радикевич Евгений Александрович*

*магистрант, Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа,  
РФ, г. Красноярск*

*Данилов Александр Константинович*

*научный руководитель, канд. техн. наук, доц.,  
Сибирский федеральный университет, Институт нефти и газа,  
РФ, г. Красноярск*

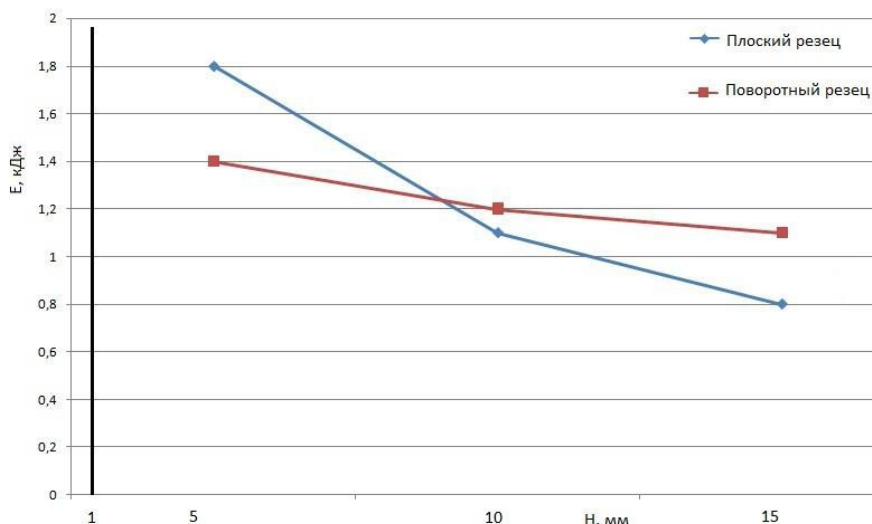
Основными недостатками существующих методов проектирования бурового инструмента является использование дополнительных графических материалов для определения натуральных положений, взаимного расположения резцов, сложность определения взаимного расположения резцов с внешними поверхностями и с соседними лопастями, В целом очень высокая трудоемкость.

Стендовые сравнительные исследования силовых параметров резания одиночными поворотными и плоскими резцами показали, что области применения данных видов инструментов различны (Рис. 1). В частности, при увеличении прочности разрушаемой породы энергоемкость плоскими резцами значительно больше, по сравнению с энергоемкостью при разрушении поворотными резцами.

Из графических зависимостей видно, что энергоемкость и эффективность поворотных резцов выше при величине стружки менее 8-10 мм на единичный резец. Подача уменьшается при увеличении прочности разрабатываемой породы.

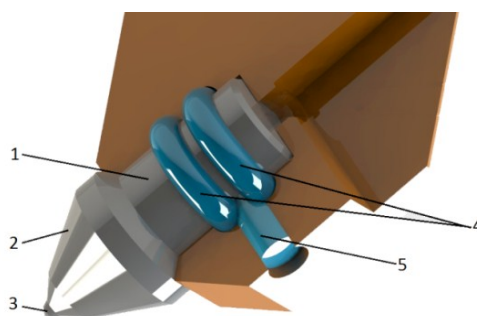
Лабораторные исследования показали, что в предлагаемой конструкции результирующая нагрузка прилагается под углом 45 градусов и режущий элемент работает на сжатие. В связи с чем, конструкцию пластины можно выполнить с упором в хвостовой части.





**Рисунок 1. Стендовые исследования силовых параметров резания одиночными поворотными и плоскими резцами**

Крепление осуществляется фиксированием фасонной части корпуса режущего элемента затвердевшим полимерным материалом, что позволяет менять резцы, сохраняя долото. Рабочая часть корпуса резца выполняется с уплотнительной юбкой, и армируется твердосплавным наконечником, который самозатачивается при вращении от нагрузки, в результате инструмент сохраняет первоначальный угол резания при движении по траектории забоя.



**Рисунок 2. Конструкция поворотных резцов: 1 – Хвостовик резца, 2 – Головка резца, 3 – Твердосплавный наконечник, 4 – Полимерный материал, 5 – Отверстие для заливки**

Обследования буровых установок в условиях эксплуатации на нефтегазовых месторождениях при нефтедобыче показали, что подача при использовании бурового инструмента с плоскими элементами составляет не

более 1 мм. В тоже время энергоемкость применения плоских резцов при малых подачах значительно уступает поворотным резцам (Рис.1).

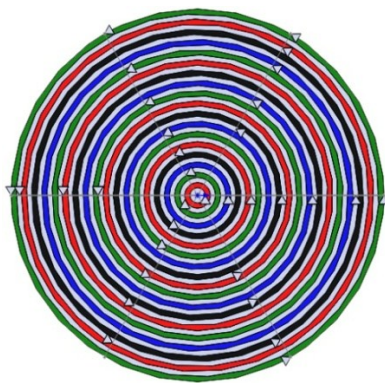
С появлением современных программ трехмерного моделирования на основе систем AutoCAD, компас-3D и Solidwork появилась возможность визуализации процесса проектирования.

При проектировании появилась возможность контроля взаимного положения инструмента, коррекции углов резания с учетом рациональных геометрических параметров резания.

Для точного моделирования взаимного расположения резцов на лопастях можно использовать матрицу установки режущего инструмента.

Первоначально необходимо знать схему расстановки и количество резцов на каждой лопасти долота.

Во-первых, для этого разрабатывается схема расстановки резцов на буровом инструменте.

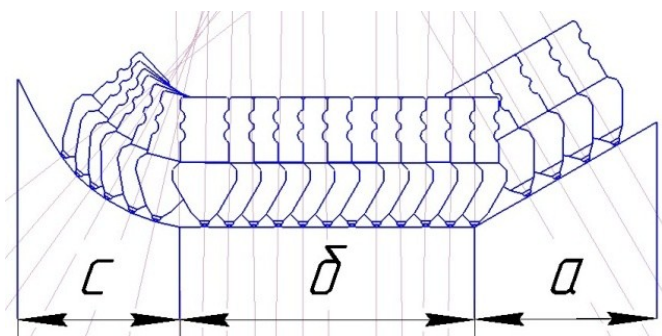


***Рисунок 3. Схема установки количество резцов бурового инструмента***

Чертим схему и наносим цвета для того, чтобы согласно цветовой гамме было установлено положение резца. Для каждого резца на лопасти будет своя цветовая гамма расположения.

Во-вторых, выбирается форма забоя. Существуют вогнуто-конусная, плоская, выпукло-конусная, но в данном случае выбираем комбинированную форму забоя.

Таким образом, обеспечивается в средней части формирования конуса целика и по краям плавный переход к стенке скважины.



**Рисунок 4. Комбинированная форма забоя: а – вогнуто-конусная форма; б – плоская форма; с – выпукло-конусная форма**

Определив геометрические параметры движения резцов можно построить матрицу для индивидуального монтажа каждого резца на лопасти.

Матрица состоит из схемы расстановки и формы забоя.



**Рисунок 5. Матрица установки резцов в забое**

В результате строим форму забоя с индивидуальным расположением линий резания для резца.

Для простоты монтажа удаляем лишнюю часть матрицы с обратной стороны, в результате получаем элемент матрицы с координатами положения резцов.

Для установки резцов создаем лопасть и строим плоскость 1 перпендикулярной оси вращения и проходящей через линию установки резцов на

выбранной лопасти. Дополнительно строим плоскость 2 проходящую через вершину резца, которая совпадает с линией резания и расположена перпендикулярно осевой линии.



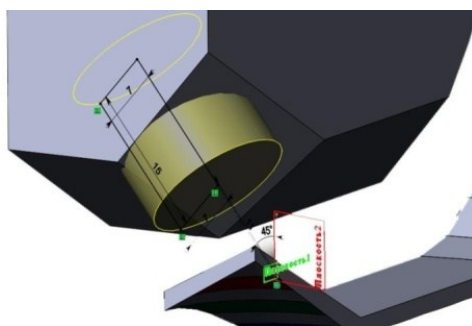
*Рисунок 6. Элемент матрицы*

Во вспомогательной плоскости 2 строим эскиз, где отображается ось положения резца, и формируем корпус твердого тела на лопасти, обеспечивающий установку держателя резца.

Получив твердое тело, в этой же плоскости строим новый эскиз по чертежу режущего инструмента с возможностью посадки в отверстие по эскизу делается круговой вырез.

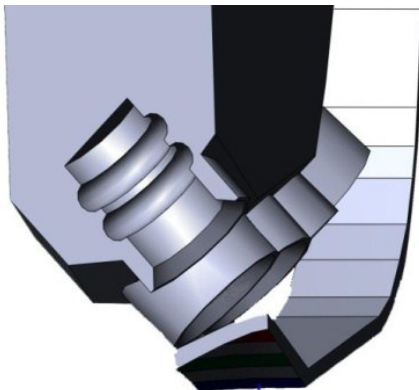
На этом операция установки первого резца закончена, следующий резец выполняется аналогично предыдущему, но при этом точка установки резца определяется согласно схеме установки резца (рис. 3).

Получив твердое тело, в этой же плоскости строим новый эскиз по чертежу режущего инструмента с возможностью посадки в отверстие по эскизу делается круговой вырез.



*Рисунок 7. Эскиз корпуса твердого тела*

На этом операция установки первого резца закончена, следующий резец выполняется аналогично предыдущему, но при этом точка установки резца определяется согласно схеме установки резца (рис. 3).



*Рисунок 8. Посадочное место для режущего инструмента*



*Рисунок 9. Лопастной буровой инструмент с поворотными резцами*

Во время моделирования необходимо выбрать минимальное расстояние между сопряжениями державки с целью оптимального взаимного расположения.

Последовательное построение резцов обеспечит оптимальное расположение друг относительно друга и формирование лопасти бура.

Лопастные проецируются отдельно друг от друга по индивидуальной схеме расстановки, и для окончательного монтажа применяются вспомогательные

базовые плоскости, и корпусные элементы опорной части бурового инструмента.

В результате использования матрицы проектирования позволяет разработать буровой головки с точным расположением режущего инструмента с правильными геометрическими параметрами резания.

Использование матрицы позволяет корректировать установку режущего инструмента в процессе формирования геометрии лопасти.

Данная технология предназначена для изготовления буровой головки на станках с ЧПУ.

Используя матрицы режущего инструмента, в будущем позволит разработать алгоритм проектирования буровой головки в автоматизированном виде.

#### **Список литературы:**

1. Данилов, А.К., Ершов, П.Э., Сусликов, А.С., Гордеев, Ю.И., Ударно-вращательное долото лопастного типа с применением нанопорошковой металлургии / А.К. Данилов, П.Э. Ершов, А.С. Сусликов, Ю.И. Гордеев // Современные технологии и управление. – 2014. – №1. – С.134–137.
2. Данилов А.К., Привалихин, Р.С., Соловьев Е.А., Бухтояров В.В., Петровский Э.А. Проектирование лопастного бурового инструмента лёгкой серии с использованием метода твердотельного моделирования / А.К. Данилов, Р.С. Привалихин, Е.А. Соловьев, В.В. Бухтояров, Э.А. Петровский // Актуальные проблемы в машиностроении. – 2015. – №2. – С. 294–298.

## **КОРРОЗИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Родионова Елизавета Сергеевна*

*студент, Липецкий государственный технический университет,  
РФ, г. Липецк*

Железобетон в современном строительстве является одним из основных конструктивных материалов. В благоприятных условиях прочностные характеристики бетона увеличиваются длительное время. Но на железобетонные конструкции одновременно с силовыми нагрузками могут воздействовать газы, атмосферные осадки, щёлочи, кислоты, агрессивные воды. В связи с этим прочность железобетонных конструкций снижается, что приводит к своевременному их разрушению. Процессы, протекающие в бетоне под влиянием агрессивных факторов, называются коррозионными. Коррозия – это разрушение поверхности материала в результате химического или электрохимического взаимодействия с внешней средой. Для железобетонных конструкций под коррозией понимают разрушение бетона или арматуры под действием не только химических, но и физических факторов, таких как изменение температуры, влажности и т.д.

Установлено, что разрушающему воздействию атмосферных и производственных агрессивных сред подвергаются от 15 до 75% конструкций.

В зданиях пищевых предприятий, металлургических, мелиоративных, химических коррозионные процессы протекают особенно интенсивно. Интенсивная потеря прочности может происходить вследствие циклического замораживания и оттаивания при контакте конструкции с водой, а так же под действием высоких температур и при попеременном увлажнении и высушивании. Поэтому проблема повышения коррозионной стойкости строительных материалов является одной из важнейших в настоящее время.

Уменьшение потерь от коррозии можно добиться, если при изготовлении железобетонных конструкций учитывать особенности эксплуатации и правильно выбирать сырьевые материалы. В случае, когда применение

специальных материалов и технологии не обеспечивает достаточного увеличения коррозионной стойкости, следует применять защитные покрытия.

В зависимости от вида внешнего воздействия коррозионные процессы разделяются на:

1. Физические (увлажнение и высушивание, дегидратация и снижение прочности цементного камня под воздействием высоких температур, циклическое замораживание и оттаивание).

2. Физико-химические (влияние маломинерализированной воды, влияние растворов кислот, щелочей, солей, влияние растворённых в воде соединений, реагирующих с минералами цементного камня).

3. Физико-химическая (взаимодействие щелочей цемента с кремнезёмом заполнителя).

4. Электрохимическая (нарушается сцепление бетона с арматурой).

Одним из основных способов повышения стойкости бетона в агрессивных средах является повышение его плотности.

Эффективным видом защиты бетона от увлажнения водными агрессивными растворами является гидрофобизация его поверхности кремнийорганическими материалами.

Если концентрация агрессивной среды превышает допустимые для бетона нормы, то следует применять защитные покрытия. Такие покрытия систематически требуется обновлять, так как срок службы бетона выше, чем срок службы покрытия. Основное назначение – предохранение бетона от контакта с агрессивной средой.

В зависимости от агрегатного состояния среды, её давления и температуры, атак же от наличия механических воздействий применяются следующие основные виды защитных покрытий:

1. лакокрасочные (для предохранения от атмосферных осадков, агрессивных газов и паров);

2. битумно-пековые композиции (для гидроизоляции при воздействии жидких агрессивных сред);



3. усиленная изоляция в виде обмазок, плотных штукатурок или облицовок (при действии высокоагрессивных газовых сред и жидкостей без механических включений);

4. оклеенная изоляция рулонными материалами (рубероид, резина, пластмасса);

5. многослойные тяжелые покрытия (грунтовка, шпаклёвка, оклеечная изоляция и штучные плитки, кирпич).

По результатам обзора можно сделать следующий вывод: при выборе защитного покрытия нужно определить, в какой агрессивной среде будет находиться конструкция. Нужно учитывать стойкость отдельных материалов, входящих в покрытие, а так же их сочетание, предполагаемую тщательность выполнения отдельных операций, возможность старения полимеров со временем и так далее.

#### **Список литературы:**

1. Агаджанов В.И. Экономика повышения долговечности и коррозионной стойкости строительных конструкций. – М., 1976.
2. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / В.М. Москвин, Ф.М. Иванов, С.Н. Алексеев, Е.А. Гузеев. – М., 1980.

## **МАКЕТ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖИЛОГО МИКРОРАЙОНА**

***Ольховой Александр Васильевич***

*студент, Электротехническое отделение, Университетский колледж ОГУ,  
РФ, г. Оренбург*

***Милованов Вадим Александрович***

*студент, Электротехническое отделение, Университетский колледж ОГУ,  
РФ, г. Оренбург*

***Свищева Татьяна Николаевна***

*научный руководитель, преподаватель спец. дисциплин I кв. категории,  
РФ, г. Оренбург*

В ходе изучения специальных предметов по релейной защите и автоматическим системам управления устройствами электроснабжения для наглядной демонстрации работы устройств релейной защиты и автоматики управления наружным освещением возникла идея создания действующего макета электрифицированного жилого микрорайона со своей трансформаторной подстанцией. Инструменты и материалы, применяемые при изготовлении макета, были приобретены в строительном магазине, на радиорынке и в магазине автозапчастей.

Изготовление макета началось с основания, в качестве которого выступила плита пеноплекса. На плиту была нанесена разметка (расположение зданий, ТП, детской площадки, проезжей части и т.п.), в соответствии с которой она была покрашена аэрозольной краской с последующим нанесением дорожной разметки акриловым белым маркером. Затем начался процесс раскройки, вырезания и склейки зданий. В качестве материала для их изготовления отлично подошла нетекстурированная матовая потолочная плитка. После склейки заготовки зданий также были покрашены аэрозольной краской. В качестве остекления был использован прозрачный лавсан. Элементы малых архитектурных форм и околоподъездного оформления были изготовлены с применением спичек, ватмана и медной проволоки методами склейки и пайки.



*Рисунок 1. Двор жилого микрорайона*

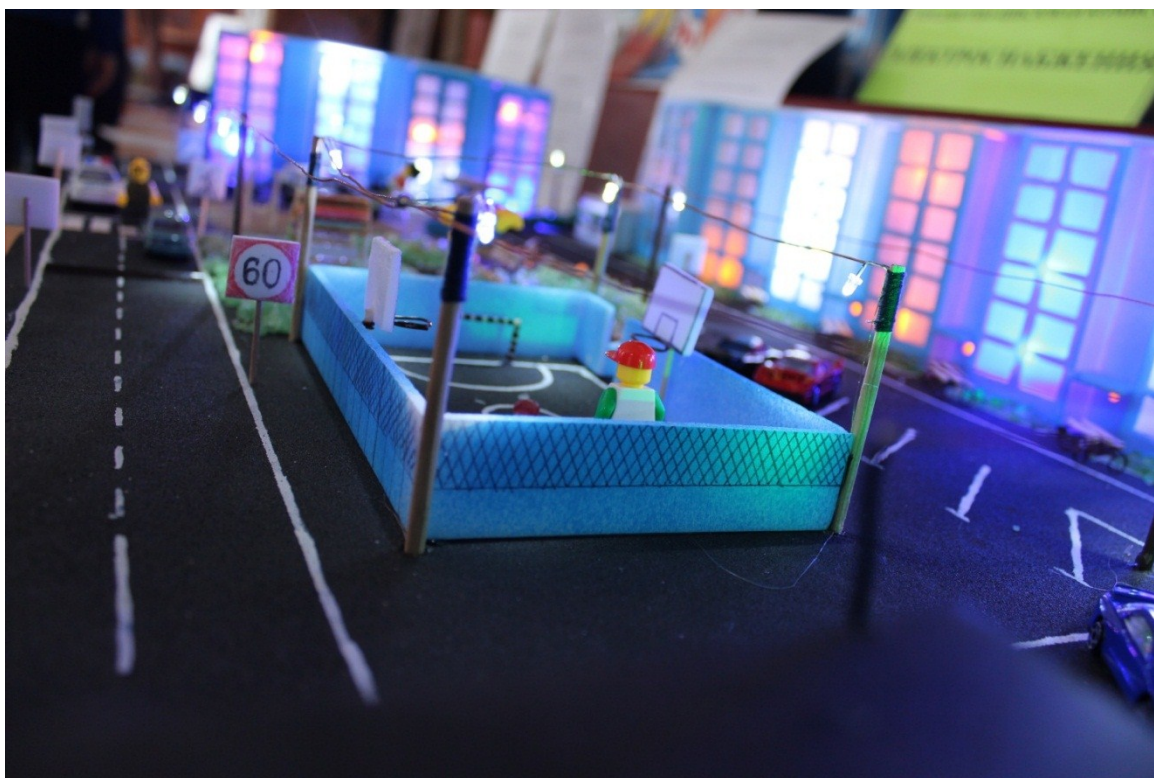
Следующим этапом работы стал монтаж опор уличного освещения. В качестве опор выступили деревянные рейки круглого сечения диаметром 5 мм, на которых были закреплены светодиодные фонари. Готовые столбы освещения были вклеены в основание с помощью термоклеевого пистолета.



*Рисунок 2. Вид на опоры освещения*

Монтаж внутридомовой подсветки изначально имел сугубо декоративную цель, но в процессе электрической разводки было решено подключить домовое

освещение к токовому реле, чтобы иметь возможность имитации короткого замыкания с целью демонстрации защиты. Монтаж светодиодов внутри оконных проемов осуществлялся также на термоклей с последующим подведением питания (через токовое реле). После того, как монтаж домашней подсветки завершился, здания были окончательно приклеены к основанию, а проводка была выведена под основание для удобства проведения дальнейших работ.



***Рисунок 3. Освещение спортивной площадки***

Самым ответственным этапом работы было подведение питания и организация схем защиты и автоматического управления наружным освещением. В качестве источника питания (трансформаторной подстанции) был выбран готовый блок питания 220VAC/12VDC, 1A, который был вмонтирован в корпус ТП. Наружное освещение было подключено к БП через фоторезистор (в темноте освещение включается автоматически за счет уменьшения сопротивления резистора), а чтобы иметь возможность ручного управления фонарями, фоторезистор был шунтирован тумблером



принудительного включения. Домовая подсветка была подключена через токовое реле и имела 3 режима работы: 1/3, 2/3, все включено. Проводка уличного освещения была выполнена неизолированным проводом, что позволило наглядно демонстрировать работу РЗ в случае КЗ из-за перехлеста фазных проводов в сильный ветер: при возникновении КЗ реле отключало часть фонарей, находившихся в аварийной цепи, а после устранения КЗ автоматически возвращало им питание.



*Рисунок 4. Научный руководитель и создатели проекта*



*Рисунок 5. Общий вид*

Таким образом, была осуществлена поставленная задача – создать действующий макет электроснабжения жилого микрорайона для наглядной демонстрации работы систем электроснабжения.

Данный макет был представлен на V выставке научно-технического творчества преподавателей и студентов «Свой мир мы строим сами», где завоевал диплом лауреата.

### **Список литературы:**

1. Беляков Ю.С. Релейная защита, автоматика и телемеханика электроэнергетических систем и систем электроснабжения потребителей. Краткий курс. Конспект лекций. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2012. – 110 с.- ISBN 5-283-04501-3.
2. Забавина Е.Г. Проектная деятельность в образовательном процессе / Е.Г. Забавина // профессиональное образование. Столица. – 2010. – № 3. С. 39–40.

## ПОЛУЧЕНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ КАНАВОК НА ПОВЕРХНОСТИ БЕСКОНТАКТНЫХ ТОРЦОВЫХ УПЛОТНЕНИЙ

**Страйцова Евгения Сергеевна**

*студент, Московский технологический университет,  
РФ, г. Москва*

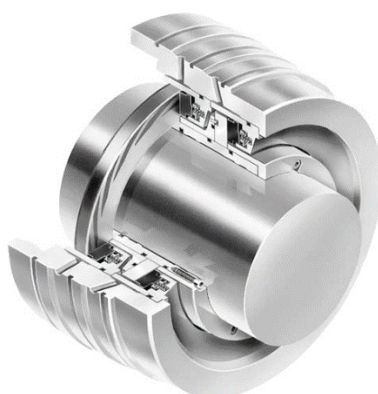
**Краско Александр Сергеевич**

*научный руководитель, преподаватель,  
Московский технологический университет,  
РФ, г. Москва*

Эксплуатационная надежность турбокомпрессорных машин в значительной степени зависит от работы уплотнительных узлов, герметизирующих вращающийся ротор. На данный момент существуют бесконтактные торцовые уплотнения (БТУ) и традиционные контактные торцовые уплотнения (ТКТУ).

По данным компании John Crane Inc («Джон Крейн»), являющейся мировым лидером в производстве бесконтактных уплотнений, стоимость БТУ втрое меньше стоимости ТКТУ [2]. Другим преимуществом является многократное снижение эксплуатационных расходов, так же исключается загрязнение маслами перекачиваемых сжиженных газов. Помимо этого, снижается до минимума количество непредусмотренных остановок и запусков и связанных с этим потерь продукции. Конечным преимуществом БТУ перед ТКТУ является уменьшение габаритов и веса, а также упрощение конструкции герметизирующих устройств компрессора.

Отличительной особенностью бесконтактных уплотнений, показанных на рисунке 1, является наличие канавок на рабочей части одного из колец.



**Рисунок 1. Бесконтактное торцовое уплотнение**

В результате относительного перемещения колец торцового уплотнения, профилированные углубления обеспечивают нагнетание газовой среды и повышение давления в зазоре между кольцами, приводя к устойчивому их разделению. Несущая способность газового слоя зависит от формы и точности изготовления газовых канавок.

В настоящее время газодинамические канавки на плоских твердых поверхностях, можно изготавливать следующими способами:

- ультразвуковая обработка;
- механическая обработка, химическое или электрохимическое травление (малоэффективно для БТУ, поскольку применяемые материалы обладают повышенной твердостью и стойкостью к агрессивным средам);
- обдувка абразивным порошком через маску;
- ионно-плазменная обработка (физический механизм удаления материала при ионном распылении позволяет применять этот процесс для травления материалов любой природы и твердости: металлов, полупроводников, диэлектриков.);
- испарение лазерным лучом [4].

В данной работе рассматривается ионно-плазменная обработка, как наиболее эффективный способ получения газодинамических канавок. Размерная обработка при помощи ионно-плазменной технологии может быть осуществлена в результате трех видов процессов:

1. *Ионное травление*, при котором используется кинетическая энергия ионов инертных газов или металлических ионов.

Ионное травление подразделяется на *ионно-плазменное* и *ионно-лучевое* травление, в зависимости от среды, в которую помещается обрабатываемая деталь и способа получения ионов. При *ионно-плазменном травлении* изделие помещается на отрицательный электрод и подвергаются бомбардировке ионами, вытянутыми из плазмы разряда. При *ионно-лучевом травлении* детали помещаются в вакуумную камеру и бомбардируются ионами генерируемыми автономным ионным источником. При этом способе травления может



применяться фокусировка и ускорение ионных пучков с помощью электрических и магнитных полей, а также компенсация их объемного заряда с помощью инъекции электронов [4].

2. *Плазмохимическое травление*, при котором удаление поверхностных слоев материала происходит за счет энергии химической реакции между ионами или молекулами обрабатываемого материала с образованием летучих стабильных соединений.

Различают *плазмохимическое травление*, при котором обрабатываемые детали помещаются в газоразрядную плазму химически активных газов, и *радикальное травление*, при котором детали, находящиеся в вакуумной камере отделены от газоразрядной химически активной плазмы перфорированным металлическим экраном или электрическими, или магнитными полями. Травление осуществляется незаряженными химически активными частицами (свободными атомами и радикалами), поступающими из газоразрядной плазмы.

3. Ионно-химическое травление, при котором для удаления поверхностных слоев материала используется как кинетическая энергия химически активных газов, так и энергия их химических реакций с атомами или молекулами материала.

В зависимости от способа получения ионов и среды, в которую помещаются обрабатываемые изделия, ионно-химическое травление, в свою очередь, подразделяется на *реактивное ионно-плазменное* и *реактивное ионно-лучевое*. В одном случае детали, размещенные на электроде газоразрядного устройства, подвергаются бомбардировке ионами химически активного газа, в другом – детали бомбардируются в объеме вакуумной камеры ионами химически активных газов, вытягиваемых из автономного ионного источника [4].

При ионном травлении можно обеспечить такой режим, при котором ионы бомбардируют материал перпендикулярно к его поверхности или под определенным углом, что способствует получению четких резких и вполне определенных очертаний канавок. Технология получения требуемого рельефа заключается в ионном травлении поверхностей посредством бомбардировки их

газовыми ионами через прорези в шаблоне, предварительно накладываемом на обрабатываемую поверхность детали.

На сегодняшний день существует различное количество разнообразных конструктивных схем систем ионного травления. Наибольший эффект может быть достигнут путем применения автономных ионных источников для генерации ионных пучков, их фокусировки и ускорения в направлении обрабатываемой поверхности. Плотность ионного тока в таких системах может достигать нескольких ампер, а возможность фокусировки пучков обеспечивает высокую равномерность травления [1].

Для формирования рельефа заданной формы необходимо предварительно установить на обрабатываемую поверхность детали шаблон (например, из фольги) с прорезями требуемой конфигурации. Через эти прорези ведется травление обрабатываемой поверхности изделия. Очевидно, что чем точнее сделаны прорези в шаблоне, тем точнее и качественнее будет изготовление микрорельефа на обрабатываемой поверхности, посредством травления. При изготовлении шаблона применяются различные способы образования прорезей: фотолитография, электроэрозионная обработка, механическая обработка (фрезерование) и ряд других способов.

Эффективным способом обеспечения повышенного ресурса работы уплотнительного узла, помимо применения качественных материалов, является оптимизация профиля газодинамической канавки. Создание уклона дна канавки приводит к значительному повышению жесткости несущего газового слоя и, следовательно, к уменьшению вероятности кратковременных касаний в аварийной ситуации и снижению времени контактного взаимодействия в периоды пуска и остановки.

Для создания наклона дна канавок по ширине и по длине канавки на поверхности кольца, совместно с традиционной маской, используется дополнительный маскирующий шаблон (маска-шторка), который имеет окна, определенной формы.

В процессе ионной обработки маска-шторка совершает возвратно-вращательное движение на некоторый угол  $\gamma$  относительно оси кольца. Размеры и форма в плане окон в маске шторки могут быть различными в общем случае.

Геометрия окон в традиционной маске обеспечивает получение заданного конструктором профиля канавки в плане. Наклон дна канавок обеспечивается формой окон и скоростью движения маски-шторки. По первому варианту возможно получение наклона канавки в тангенциальном направлении, то есть по ширине канавки. По второму варианту возможно получение наклона канавки, как по ширине, так и по длине канавки [3].

Таким образом, мной рассмотрено 2 вида уплотнений: бесконтактное и контактное. Проанализированы методы создания газодинамических канавок на рабочих поверхностях деталей машин. Показаны преимущества применения ионного травления для создания точного рельефа. А также рассмотрен эффективный способ обеспечения повышенной работоспособности уплотнительного узла.

### **Список литературы:**

1. Воронин Н.А. Технология создания сложного пространственного профиля газодинамических канавок на рабочих поверхностях колец торцовых уплотнений. Проблемы машиностроения и автоматизации. 2013, № 4. С. 126–129.
2. Данные по стоимости бесконтактных торцовых уплотнений компании «Джон Крейн». – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://www.johncrane.com/> (Дата обращения 7.10.2016).
3. Результаты исследований ИМАШ РАН на тему «Ионная технология создания прецизионных канавок на деталях газодинамических бесконтактных торцовых уплотнений». – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://www.imash.ru/scientific-section/section3/structure3/laboratory-studie-wear-high-temperatures/main-scientific-achievements3-3/Ionic-technology-create-precise-grooves/> (Дата обращения 6.10.2016).
4. Телеш Е.В. Конспект лекций по дисциплине «Специальное технологическое оснащение». – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [http://www.bsuir.by/m/12\\_100229\\_1\\_67139.pdf#4](http://www.bsuir.by/m/12_100229_1_67139.pdf#4) (Дата обращения 2.10.2016).

## **КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА ЭЛЕМЕНТОВ ДЫМОСОСОВ**

***Протасова Алина Евгеньевна***

*студент, Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Шлейко Сергей Владимирович***

*студент, Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Булова Анастасия Вячеславовна***

*студент, Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Нечупаев Вадим Витальевич***

*студент, Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

***Белоглазова Любовь Владимировна***

*научный руководитель, ассистент,  
Омский государственный технический университет,  
РФ, г. Омск*

В настоящее время тягодутьевые машины эксплуатируются на тепловых электростанциях, в металлургическом производстве, в химической промышленности, в производстве строительных материалов, в установках газоочистки и пылеулавливания на промышленных предприятиях, в различных отраслях промышленности.

Основным видом повреждения рабочих колес и кожухов дымососов является абразивный износ при транспортировке запыленной среды из-за больших скоростей и высокой концентрации золы в дымовых газах. Этот износ имеет газоабразивный характер, который вызывается механическим действием твердых частиц, перемещаемых потоком газа. В этом случае разрушение металла происходит в результате срезания, выкрашивания, выбивания и многократного пластического деформирования его поверхностных микрообъемов. Износ лопаток и дисков роторов дымососов зависит от сорта сжигаемого топлива и качества работы золоулавливающих установок.

## КОНСТРУКТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ОТ ИЗНОСА

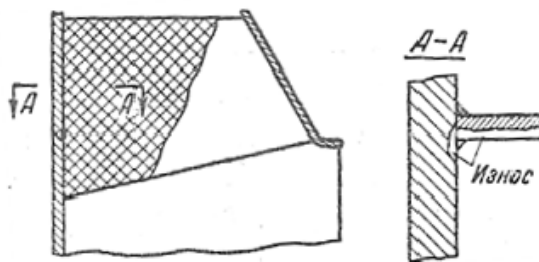
В результате износа рабочего колеса возникает разбаланс, нарушающий нормальную работу машины. Для его устранения приходится останавливать машину и выполнять балансировку. При неудовлетворительной очистке дымовых газов от золы нередки случаи, когда рабочие колеса приходится менять через 10–20 дней.

Однако на основании опыта эксплуатации дымососов четко выявляется зависимость абразивного износа не от окружной скорости, а от числа оборотов машины. Эту зависимость следует понимать так, что для заданных показателей машины по производительности и давлению при тяжелых условиях работы по износу ее следует выполнять по такой аэродинамической схеме, которая обеспечит необходимые показатели при относительно небольшом числе оборотов. Так, например, применявшиеся ранее дымососы типа Д-190, создававшие давление  $400 \text{ кгс/м}^2$  при производительности  $300\,000 \text{ м}^3/\text{ч}$ , по условиям износа оказались непригодными в эксплуатации вследствие высокого числа оборотов (960 в минуту). Окружная скорость рабочего колеса этих дымососов при  $d=1560 \text{ мм}$  составляла всего  $78 \text{ м/с}$ .

Эти дымососы были заменены машинами типа Д 300/400 с рабочим колесом  $d=2200 \text{ мм}$  которые обеспечивали примерно те же показатели при  $730 \text{ об/мин}$ , а окружная скорость составляла при этом  $85 \text{ м/с}$ . Эти дымососы показали удовлетворительную работу в условиях золотого износа.

Причина заключается в том, что в машине Д 300/400 вследствие более низкого числа оборотов, рабочее колесо имеет большие размеры ( $d=2200 \text{ мм}$ ), поэтому работа трения золотых частиц распределяется на большую площадь элементов рабочего колеса и улитки. Вместе с тем, очевидно, что при одинаковом типе лопаток колеса и прочих равных условиях, т. е. при одинаковом числе оборотов, одинаковой производительности, концентрации и физических свойствах твердых частиц, высоконапорная машина будет изнашиваться интенсивнее, чем низконапорная, и в этом смысле износ будет определяться величиной окружной скорости рабочего колеса.

Износу подвержены детали рабочего колеса и кожуха машины. Абразивные частицы, проходя через рабочее колесо, отклоняются к основному диску. Поэтому износ захватывает меньшую часть входной кромки лопатки и большую часть ее выходной кромки (рис. 1).



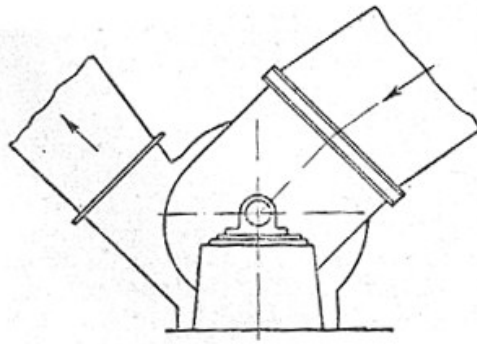
**Рисунок 1. Износ лопаток и основного диска рабочего колеса**

Изнашивается также и основной диск в местах примыкания к нему лопаток.

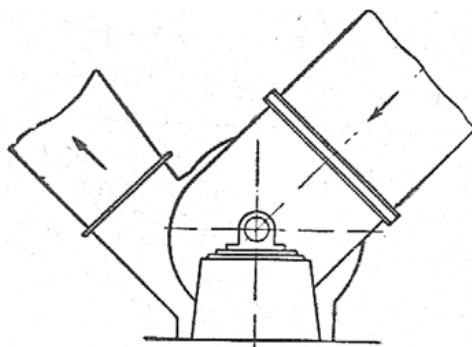
В кожухе наибольшему износу подвержена улитка и в меньшей степени изнашиваются боковые листы. Карманы дымососов и всасывающие воронки практически не подвержены износу, так как скорости газового потока в них относительно невелики.

Нерациональная компоновка может привести к усиленному износу даже в тех частях машины, которые обычно почти не изнашиваются. В качестве примера на рисунке 2 показана крайне неудачная компоновка дымососа с изломом линии тракта при входе в карман. Вследствие изменения направления газового потока зола отклоняется к стенке кармана, вызывая его износ.

При более правильной компоновке (рис. 3) износ карманов почти отсутствует.



***Рисунок 2. Неправильная компоновка дымососа, при которой зола изнашивает всасывающие карманы***



***Рисунок 3. Правильная компоновка дымососа***

В автореферате Путиловой И.В. «Абразивный износ трубопроводов пневмотранспортных установок систем золошлакоудаления и пылеприготовления ТЭС» по результатам исследования приведены оптимальные данные по форме и углам поворота трубопроводов тягодутьевой машины, позволяющие существенно снизить абразивный износ и уменьшить аэродинамические потери [6, с.6].

Для защиты от абразивного износа в конструкции машин обычно предусматривают специальные меры. Иногда для защиты лопаток и основного диска рабочего колеса от износа идут на увеличение их толщины. При этом утяжеляется рабочее колесо, растет нагрузка на вал и опоры и не достигается в достаточной степени преследуемая цель.

Более правильной и распространенной мерой борьбы с износом является защита изнашиваемой поверхности при помощи накладок или наплавки. Защитные накладки не привились в конструкциях рабочих колес и получили

преимущественное распространение в улитках в виде броневых листов, выполняемых из стали или чугуна. Выбор конкретного материала для защиты осуществляется на основе его устойчивости к износу по различным признакам. Определить нужный материал можно используя данные из автореферата Беговой А.Н. «Разработка метода определения абразивной износостойкости сталей по механическим признакам» [1, с.14].

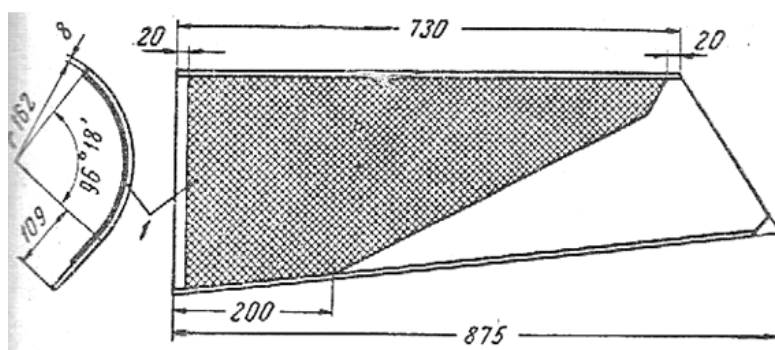
В отдельных случаях защита кожуха от абразивного износа выполняется путем бетонирования его внутренней поверхности слоем толщиной 20–30 мм.

Для лопаток широкое применение нашла наплавка рабочих поверхностей твердым сплавом, который накладывается слоем от 2 до 4 мм. Наплавка выполняется при помощи электродов марки Т-590, имеющих следующий состав обмазки: 90% феррохрома, 5% карбида бора, 5% графита серебристого. Обмазка наносится на проволоку марки 08НЗ, которая имеет следующий состав: 0,08% С; 0,17–0,35%Si; 0,4–0,65%Mn; <0,025%S; < 0,03%P; 3–3,6%Ni. Во избежание выгорания легирующих элементов покрытия сварку следует вести при токе 220А электродами  $d=4$  мм и 220–240А электродами  $d=5$  мм. Твердость поверхности, наплавленной электродами Т-590, составляет 52–58Rc [3]. При наплавке значительно повышается срок службы рабочего колеса (по данным в 2–4 раза). Несмотря на трудоемкость выполнения наплавки в условиях эксплуатации, она вполне окупается.

При выборе толщины наплавляемых лопаток, помимо вопросов прочности, следует учитывать также необходимую устойчивость лопаток от коробления при наплавке, что достигается толщиной лопаток в пределах 6–8 мм.

Также был разработан метод полуавтоматической наплавки при помощи плоских электродов. Этот метод в основном применяется в заводских условиях. На рис. 4. Показана лопатка дымососа типа 25x2Ш, которая после наплавки подвергнута горячей штамповке.

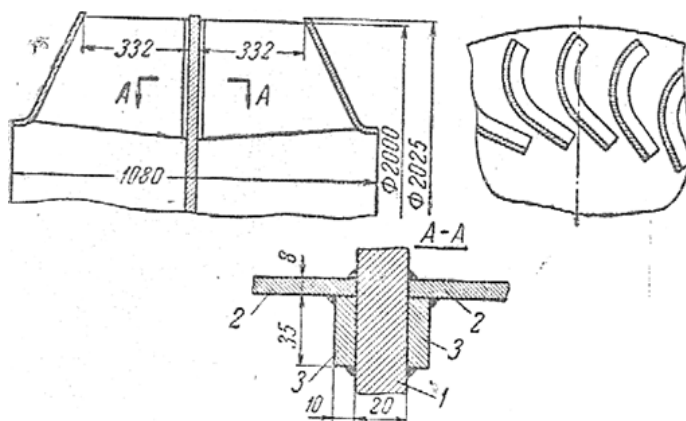




**Рисунок 4. Лопатка дымососа Д 25 х 2Ш, где 1 – слой твердого сплава Т-620 толщиной 2–3 мм, направленный полуавтоматическим способом на заготовку лопатки**

Полуавтоматическая наплавка дает возможность получить равномерный слой твердого слоя на заготовке, который прочно удерживается и позволяет осуществлять последующую горячую штамповку лопаток. Сравнительно ручным способом полуавтоматическая наплавка дает существенное повышение производительности труда при одновременном улучшении качества, так как наплавленная поверхность получается плотной, и достаточно гладкой, а благодаря значительному выделению тепла уменьшается количество трещин. Кроме того, благодаря сравнительно малой глубине проплавления достигается более сильное легирование наплавленного металла.

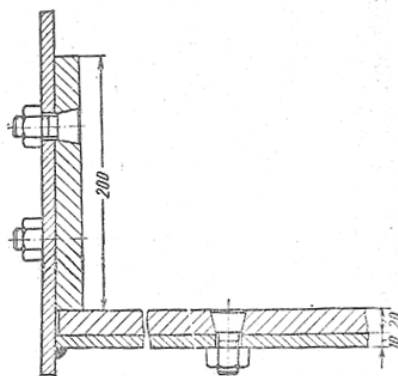
Защита дисков в месте примыкания к ним лопаток осуществляется специальными защитными козырьками, которые привариваются к среднему диску и лопаткам, как это показано на рис.5.



**Рисунок 5. Защита от износа основного диска рабочего колеса дымососа Д20Х2.1 – основной диск; 2 – лопатки; 5 – защитные козырьки**

Защитные козырьки применяются как при наплавленных, так и при ненаплавленных лопатках. В первом случае на лопатке оставляется ненаплавленная полоска, необходимая для наложения сварного шва. Накладывать шов по наплавке недопустимо, так как качество его будет чрезвычайно низким вследствие легирования примесями, содержащимися в наплавленном слое [5, с.67].

Защита улитки и боковых листов от износа осуществляется обычно при помощи накладок—броневых листов. Броневые листы выполняются обычно из стали, но для тяжелых условий работы рационально выполнять их литыми из чугуна толщиной около 40 мм. Большею частью защищают только торцовый лист. Наиболее распространенный способ крепления броневых листов - приварка, но при этом затруднена смена изношенных листов. Более правильно выполнять крепление броневых листов при помощи специальных болтов (рис 6).



***Рисунок 6. Защита боковых и торцового листа улитки дымососа броней, прикрепленной на болтах***

Также для защиты от износа используются композитные и полимерные материалы. Вопросы их использования, а также интенсивность износа при эксплуатации рассматривается в статье Ищенко А.А., Дашко Е.В. «Определение интенсивности абразивного износа защитного полимерного покрытия» [4, с.86].

Таким образом, борьба с абразивным износом тягодутьевых машин является весьма актуальной задачей. Игнорирование вопросов износа может привести к невозможности нормальной работы установки, так как нередко

случаи, когда рабочие колеса приходится заменять ежемесячно, а иногда и чаще.

Предохранение машин от износа до некоторой степени зависит от конструктора, так как при проектировании он должен предусмотреть необходимые меры защиты. Однако наиболее эффективным способом борьбы с износом является рациональная компоновка и особенно тщательная очистка газов от твердых абразивных фракций. На электростанциях, где этот вопрос решен удовлетворительно, рабочие органы дымососов практически не требуют ремонта, так как они почти не изнашиваются [2].

Учитывая перспективы все большего применения в качестве энергетического топлива мазута и газа, а также возрастающие требования к эффективности работы золоулавливающих устройств можно считать оправданным выпуск заводами-изготовителями дымососов с ограниченной защитой от износа, т. е. без наплавки лопаток.

Необходимо предъявлять более жесткие требования к золоулавливающим установкам электростанций с тем, чтобы они обеспечивали эффективную очистку газов. Единовременные затраты на установку эффективно действующих золоуловителей вполне окупятся экономией на ремонте дымососов, не говоря уже о санитарных условиях. В настоящее время ведется тема №16059В «Исследование инновационного газоочистного оборудования», в которой рассматривается как новый тип золоуловителя, так и борьба с возможным абразивным износом элементов проточной части установки. Теоретически, методика борьбы с абразивным износом может быть применена и к золоулавливающей установке, что в ближайшем времени планируется рассчитать на компьютере по соответствующим программам.

### **Список литературы:**

1. Бегова А.В. Разработка метода определения абразивной износостойкости сталей по механическим признакам: Автореф. дис. канд. техн. наук: – Москва, 2005. – 24с.

2. Боткачик И.А., Зройчиков Н.А. Дымососы и вентиляторы тепловых электростанций – М.: Изд-во МЭИ, 1997. – 423 с.
3. Бутина В.Н. Дымососы и котельные специального назначения. – М.: Изд-во Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт атомного энергетического машиностроения, 2003. – 88 с.
4. Ищенко А.А., Дашко Е.В. Определение интенсивности абразивного износа защитного полимерного покрытия // Вестник Приазовского государственного технического университета. Серия: Технические науки. – 2015. – Вып. 30. Т.2. – С. 86–91.
5. Левин И.М. Боткачик И.А. Дымососы и вентиляторы мощных электростанций / под ред. А.М. Комарова: – М.: Изд-во Госэнергоиздат, 1962. – 183с.
6. Путилова И.В. Абразивный износ трубопроводов пневмотранспортных установок систем золошлакоудаления и пылеприготовления ТЭС: автореф. дис. ... д-ра тех. наук. – М., 2004. – 20с.
7. Сибирская организация энергетического машиностроения – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://saem.ru>, (Дата обращения 29.09.2016).

## СЕКЦИЯ 2.

### ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### ПРИМЕР ОБРАБОТКИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ EXCEL

*Антонова Вера Михайловна*

*студент педиатрического факультета, Саратовский государственный  
медицинский университет им. В.И. Разумовского,  
РФ, г.Саратов*

*Щербакова Ирина Викторовна*

*научный руководитель, старший преподаватель, кафедра медбиофизики  
им. профессора В.Д.Зернова, Саратовский государственный  
медицинский университет им. В.И. Разумовского,  
РФ, г.Саратов*

В работе на примере одной задачи рассмотрены различные виды статистических распределений и графического представления данных с помощью редактора электронных таблиц Excel. Показано, как формируется статистический ряд, простой и расширенный вариационные ряды, описана последовательность действий по построению графиков распределения частот, гистограммы, кумуляты, огивы.

В различных сферах практической деятельности специалисты сталкиваются с необходимостью анализировать большой поток информации, полученной в результате каких-либо наблюдений или измерений [5, с. 1270–1271]. Грамотно сформулировать выводы на основании этих данных и оценить надежность полученных результатов позволяют методы математической статистики. Конечно, в эпоху компьютеризации обработка информации должна производиться автоматизировано [2, с. 39–46]. Одной из общедоступных программ, позволяющих осуществлять анализ и визуализацию статистических данных, является Excel стандартного пакета Microsoft Office. В данной работе пошагово рассматривается процесс обработки медицинской информации на примере конкретной статистической задачи.

*Условие задачи:* На основании анализа историй болезней получены следующие значения сроков лечения заболевания ( $n = 50$  пациентов): 16, 14, 17, 15, 20, 16, 17, 18, 15, 13, 18, 16, 14, 17, 12, 19, 16, 15, 17, 18, 14, 19, 16, 18, 15, 17, 13, 16, 20, 15, 21, 17, 15, 16, 13, 16, 19, 18, 14, 15, 15, 16, 17, 14, 16, 19, 21, 15, 17, 18. Построить полигон распределения частот, гистограмму, кумуляту, огиву [3, с. 108].

Решение задачи разобьем на отдельные шаги [4, с. 1264–1269].

I шаг: построим статистический ряд для первичной обработки результатов исследования. Для этого построим статистический ряд (табл. 1), в 1-й строке располагая значение  $i$  – порядковый номер проводимого наблюдения ( $i$  – дискретная величина, принимающая значение от 1 до 50 включительно согласно условию задачи), во 2-й строке – соответствующее значение  $X_i$  (16, 14, 17, ...).

**Таблица 1.**

**Статистический ряд**

$i$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$X_i$	16	14	17	15	20	16	17	18	15	13	18	16	14	17	12	19	16	15	17	18	14	19	16	18	15
$i$	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
$X_i$	17	13	16	20	15	21	17	15	16	13	16	19	18	14	15	15	16	17	14	16	19	21	15	17	18

II шаг: для того чтобы сделать определенные выводы о полученных результатах, построим простой вариационный ряд (табл. 2), указывая в 1-й строке значения  $X_i$  в порядке их количественного увеличения, во 2-й строке числа, указывающие, сколько раз было получено данное значение результата наблюдения. Очевидно, что для заполнения 1-й строки следует выделить неповторяющиеся значения результатов исследования и расположить их в порядке возрастания; при заполнении 2-й строки необходимо подсчитать, сколько раз встречается один и тот же результат наблюдения например, число 12 встречается 1 раз, число 13–3 раза, число 14–5 раз и т.д.).

**Таблица 2.****Простой вариационный ряд**

$X_i$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$m_i$	1	3	5	9	10	8	6	4	2	2

III шаг: для анализа полученных данных найдем относительную частоту каждого результата и построим расширенный вариационный ряд (табл. 3), отмечая в 1-й строке  $X_i$ , во 2-й строке –  $m_i$ , в 3-й строке –  $v_i$ , относительную частоту каждого результата, вычисляемую на основании данных 2-й строки табл.2, по формуле

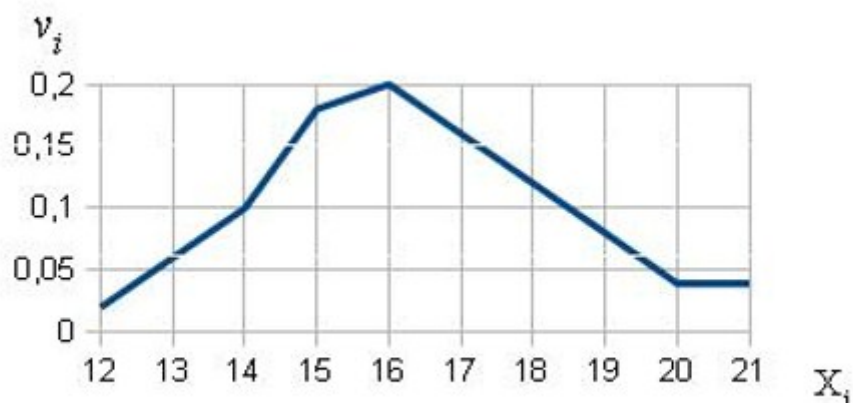
$$v_i = m_i / n \quad (1)$$

Например:  $v_i(12) = m_i(12) / n = 1 / 50 = 0,02$  полученное значение заносим во 2-й столбец 3-й строки табл. 3; аналогично вычисляем частоты встречаемости для остальных значений  $X_i$ .

**Таблица 3.****Расширенный вариационный ряд**

$X_i$	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$m_i$	1	3	5	9	10	8	6	4	2	2
$v_i$	0,02	0,06	0,1	0,18	0,2	0,16	0,12	0,08	0,04	0,04

IV шаг: наглядно представим закономерность распределения результатов наблюдений [1, с. 460]. Для этого построим полигон распределения частот на основе расширенного вариационного ряда (табл. 3). При этом по оси абсцисс будем откладывать значения результатов наблюдений  $X_i$ , по оси ординат – относительные частоты встречаемости  $v_i$  каждого результата; полученные точки соединим ломаной линией (рис. 1).



**Рисунок 1. Полигон распределения частот**

V шаг: в продолжение наглядного представления закономерности распределения результатов наблюдений составим интервальный вариационный ряд, объединяя имеющиеся значения  $X_i$  в несколько групп, называемых классами. Величина интервала, в пределах которого будут располагаться результаты исследования, относящиеся к одному и тому же классу, определяется по формуле

$$\Delta X = (X_{\max} - X_{\min}) / (1 + 3,32 \cdot \lg n) \quad (2)$$

Получаем значение  $\Delta X = (21 - 12) / (1 + 3,32 \cdot \lg 50) = 1,36$

Учитывая, что исходные данные в задаче – дискретные величины, округляем величину интервала до целого значения:  $\Delta X \approx 2$ . Далее необходимо определить нижнюю границу первого интервала по формуле Стерджесса:

$$X_1 = X_{\min} - \Delta X / 2 \quad (3)$$

т.е. в нашей задаче  $X_1 = 12 - 2 / 2 = 11$  это значение, с которого начинается первый интервал. Следующий, второй интервал начнется со значения  $X_2 = X_1 + \Delta X = 11 + 2 = 13$ , третий интервал начнется со значения  $X_3 = X_2 + \Delta X = 13 + 2 = 15$  и т.д.

Далее нужно определить, сколько результатов исследования попадает в каждый из классов, суммируя данные соответствующих столбцов 2-й строки табл. 3. Также для построения интервального вариационного ряда потребуется относительная частота попадания результатов измерений в  $i$ -й класс (группу),



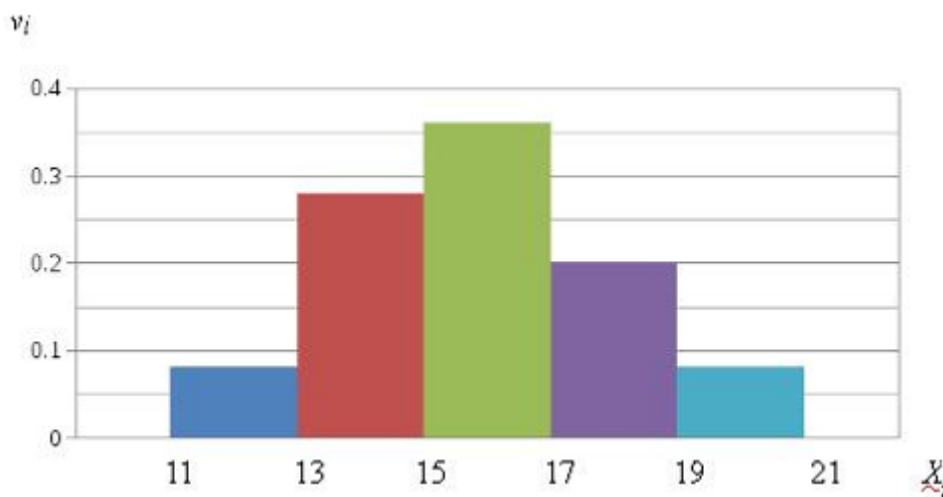
вычисляемая по формуле (1): например, для первого интервала  $v_1 = m_1 / n = 4 / 50 = 0,08$ . Аналогичный расчет проводится для других интервалов (табл. 4).

**Таблица 4.**

**Интервальный вариационный ряд**

$\Delta X$	11–13	13–15	15–17	17–19	19–21
$m_i$	4	14	18	10	4
$v_i$	0,08	0,28	0,36	0,2	0,08

VI шаг: представим результаты исследования на гистограмме (столбчатой диаграмме), откладывая по оси абсцисс границы интервалов (данные 1-й строки табл. 4), по оси ординат – значения относительных частот попадания результатов измерений в  $i$ -й класс; полученные точки соединим (рис. 2).



**Рисунок 2. Гистограмма**

Полигон распределений и гистограмма наглядно показывают, как часто встречаются те или иные значения исследуемого параметра, те или иные значения результатов опытов или измерений.

VII шаг: для наглядного представления статистических данных составим таблицу накопленных частот, откладывая в 1-й строке срединные значения классовых интервалов, во 2-й строке – значения накопленных частот, представляющие собой суммы частот предыдущих классов, начиная с первого.

Пользуясь величинами, внесенными во 2-ю строку табл. 4, определим значения накопленных частот:

для первого интервала 0,08;

для второго интервала  $0,08 + 0,28 = 0,36$ ;

для третьего интервала  $0,08 + 0,28 + 0,36 = 0,72$ ;

для четвертого интервала  $0,08 + 0,28 + 0,36 + 0,2 = 0,98$ ;

для пятого интервала  $0,08 + 0,28 + 0,36 + 0,2 + 0,08 = 1,0$ .

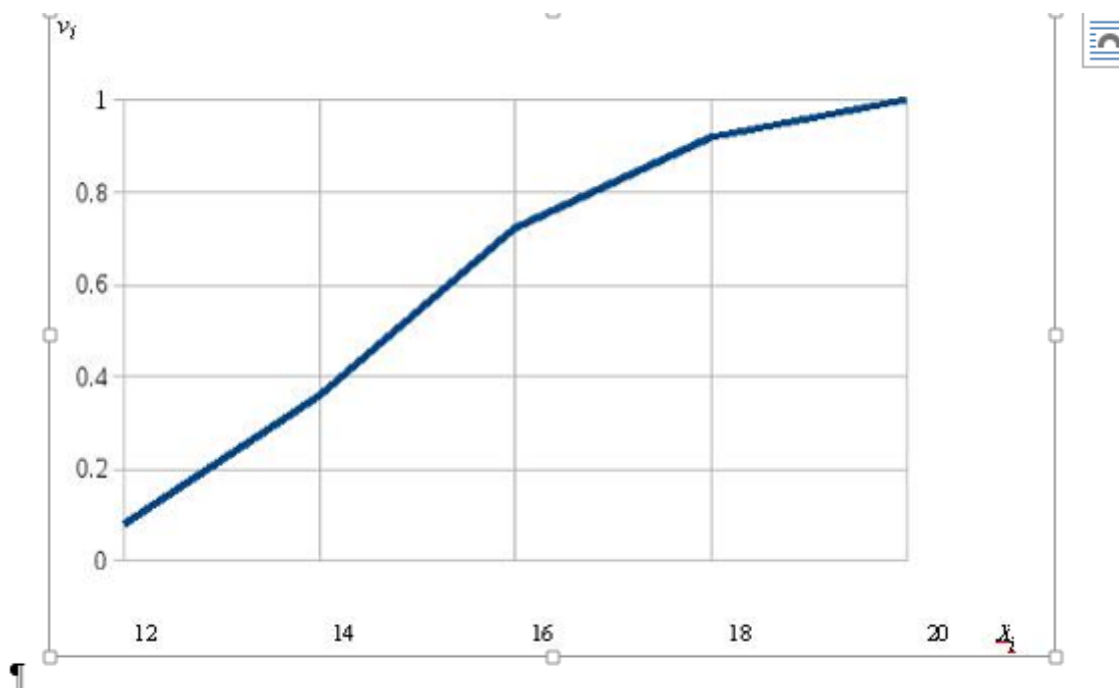
Эти значения заносятся во 2-ю строку таблицы накопленных частот (табл. 5).

**Таблица 5.**

**Накопленные частоты**

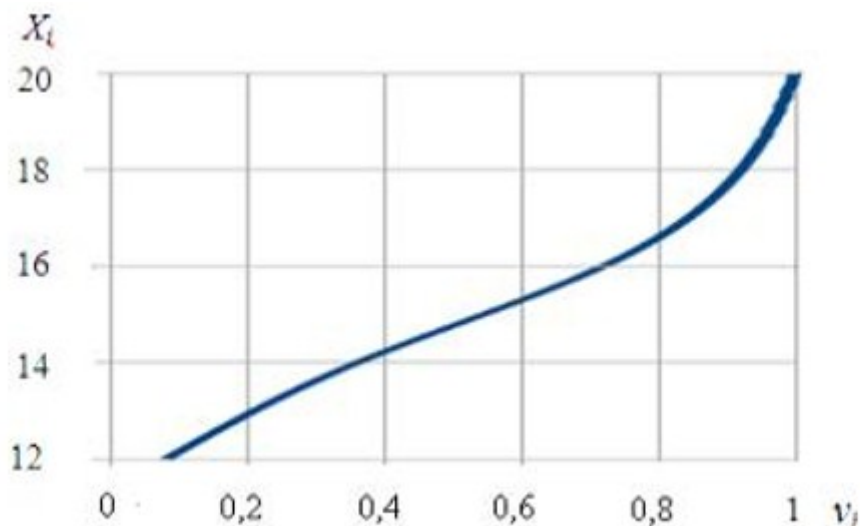
$X_i$	12	14	16	18	20
$v_i$	0,08	0,36	0,72	0,92	1,0

VIII шаг: на основании таблицы накопленных частот построим кумуляту, откладывая по оси абсцисс срединные значения классовых интервалов, а по оси ординат значения накопленных частот (рис. 3).



**Рисунок 3. Кумулята**

IX шаг: построим огиву (рис. 4), меняя оси местами по сравнению с кумулятой. При этом по оси абсцисс окажутся значения накопленных частот (данные 2-й строки табл. 5), по оси ординат - срединные значения классовых интервалов (данные 1-й строки табл. 5).



**Рисунок 4. Огива**

Особенность данной кривой в том, что она позволяет сравнивать между собой несколько статистических распределений разного объема для данной выборки [2].

На примере одной задачи нами рассмотрены различные виды статистических распределений и графического представления данных с помощью редактора электронных таблиц Excel. Показано, как формируется статистический ряд, простой и расширенный вариационные ряды, описана последовательность действий по построению графиков распределения частот, гистограммы, кумуляты, огивы.

Надеемся, что материалы статьи окажутся полезными для студентов медицинских ВУЗов, а также практикующих медработников при проведении статистической обработки данных. Представители иных сфер деятельности могут обрабатывать свои данные согласно приведенному образцу по аналогии.

## **Список литературы:**

1. Гланц С. Медико-биологическая статистика. Практика. – Москва, 1999.
2. Какорина Е.П., Огрызко Е.В. Некоторые проблемы медицинской статистики в Российской Федерации // Менеджер здравоохранения. 2012. № 6.
3. Козлов Г.А., Луньков А.Е., Дворкин Б.А., Трубецкова С.В. Биометрия. Издательство СГМУ. – Саратов, 2012.
4. Курышова В.А., Щербакова И.В. Статистический анализ данных: просто или сложно? (точка зрения студента) // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2014. Т. 4, № 11.
5. Магомедов А.М., Щербакова И.В. Использование статистических методов в медицинских исследованиях // Бюллетень медицинских интернет-конференций. 2015. Т. 4, № 11.

## РАЗРАБОТКА И АНАЛИЗ АЛГОРИТМА СОРТИРОВКИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИНАРНЫХ ДЕРЕВЬЕВ

*Сайгак Кристина Олеговна*

*студент, СНИУ им. академика С.П. Королева,  
РФ, г. Самара*

*Сахибназарова Виктория Бахтиёровна*

*студент, СНИУ им. академика С.П. Королева,  
РФ, г. Самара*

Бинарное дерево поиска – это достаточно базовая, но в то же время интересная структура данных, у которой, к тому же, существует большое количество модификаций и вариаций, а также применений на практике.

В теории графов дерево представляет собой ориентированный или неориентированный граф, не содержащий циклов. То есть для любой вершины существует один и только один способ добраться до любой другой вершины. В программировании широко используются такие динамические структуры данных, как бинарные деревья, в которых число исходящих дуг не превосходит двух, и N-арные деревья (с произвольным количеством исходящих ребер).

Введем некоторые понятия для графа-дерева, у которого вершинами являются вершины дерева, а дугами – ветви дерева. Начальная вершина, называемая корнем, изображается в верхней части дерева, и считается, что она находится на нулевом уровне. Вершина  $Y$ , располагаемая ниже вершины  $X$  и соединенная с ней ветвью, называется непосредственным потомком вершины  $X$ , или ее дочерней вершиной (а вершина  $X$ , соответственно, – непосредственным предком вершины  $Y$ , или ее родительской вершиной). Если вершина  $X$  находится на уровне  $I$ , то все ее непосредственные потомки находятся на уровне  $I+1$ . На графе, изображающем дерево, все вершины одного уровня располагаются на одной горизонтали. Номер максимального уровня дерева называется глубиной (или высотой) дерева. Если вершина не имеет потомков, то она называется листом (терминальной вершиной). Нетерминальная вершина называется внутренней. Число непосредственных потомков внутренней вершины дерева называется степенью этой вершины.

Максимальная степень всех вершин дерева называется степенью дерева. Дерево называется упорядоченным, если все непосредственные потомки любой вершины упорядочены.

В памяти компьютера деревья обычно представляют в виде связной структуры, где каждый узел помимо ключа (key) хранит указатели на дочерние узлы и иногда на родительский. Для хранения двоичных (бинарных) поисковых деревьев используют структуру с левыми и правыми поддеревьями, где для каждого узла  $X$  выполняется следующее свойство:

- если узел  $Y$  лежит в левом поддереве узла  $X$ , то  $key[Y] < key[X]$ ;
- если узел  $Y$  лежит в правом поддереве узла  $X$ , то  $key[Y] > key[X]$ .

Такая структура данных широко применяется в алгоритмах сортировки. Сортировка с помощью двоичного дерева — универсальный алгоритм сортировки, заключающийся в построении двоичного дерева поиска по ключам массива (списка), с последующей сборкой результирующего массива путём обхода узлов построенного дерева в необходимом порядке следования ключей. То есть если мы будем выполнять операцию обхода дерева по правилу «левый сын-родитель-правый сын», то, записывая все встречающиеся элементы в массив, получим упорядоченное в порядке возрастания множество.

На каждой итерации мы спускаемся на один уровень вниз, поэтому время поиска узла в двоичном дереве поиска, то есть, количество шагов, ограничено сверху высотой этого дерева. Используя  $O$ -символику, можно обозначить время поиска в худшем случае как  $O(h)$ , где  $h$  — высота дерева.

Мы разработали собственный Бинарный алгоритм сортировки массивов на основе бинарных деревьев, который основан на том, что для каждой вершины, начиная с корня, используется правило «влево уходит старший сын, вправо — младший брат». Алгоритм Бинарной сортировки (по возрастанию):

Шаг 1. Преобразование к бинарному дереву: Исходную последовательность данных представляем в виде бинарного дерева таким образом, что для каждого элемента в левое поддерево уходят числа, большие либо равные предыдущему числу последовательности, а в правое — меньшие. В результате получаем структуру в виде одной ветки.

Шаг 2. Сравнение: Начиная с самого нижнего листа, мы движемся вверх до тех пор, пока не обнаружим, что следующая вершина имеет большее значение (если данное условие не выполняется, значит, последовательность отсортирована).

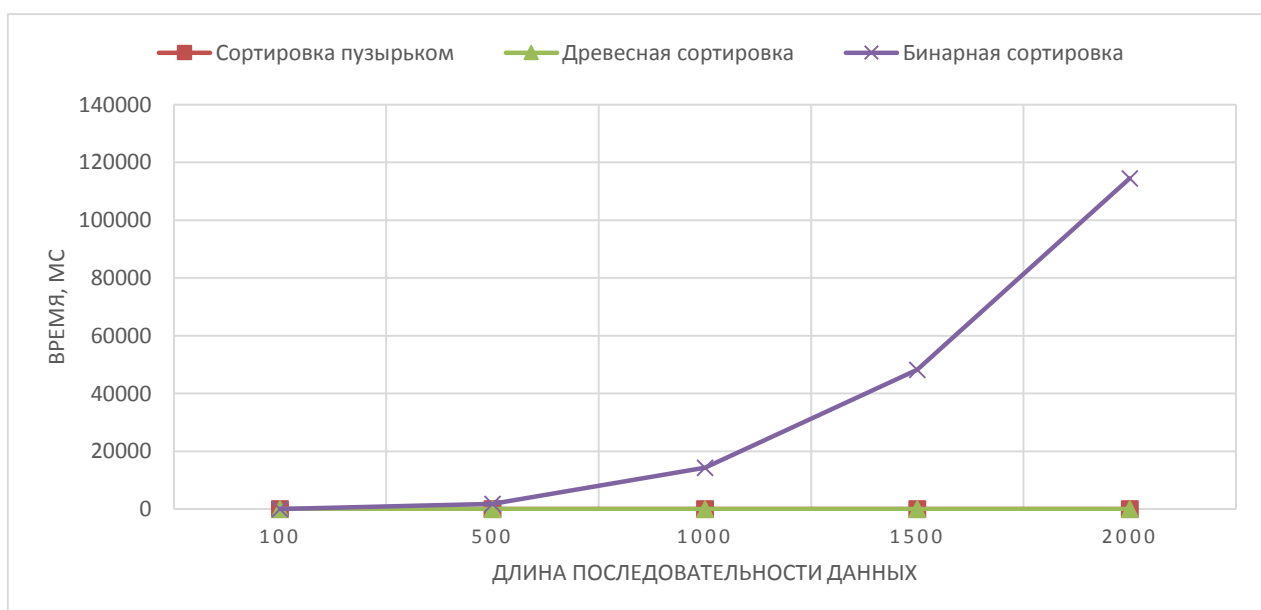
Шаг 3. Выделение пустой вершины: К найденной вершине, значение которой больше значения потомка, навешиваем вторую пустую вершину (значение не определено).

Шаг 4. Сдвиг: Вершина с большим значением сдвигается на пустое место (в левое поддерево), правое поддерево смещается вверх на одну позицию. В результате, крайняя дочерняя вершина оказывается с пустым значением. Освободившаяся пустая вершина удаляется.

Шаг 5. Приведение к виду бинарного дерева: Представляем получившееся упорядоченное дерево в виде ветки.

Шаги повторяются до тех пор, пока номер каждой последующей вершины не будет больше номера предыдущей, т.е. пока последовательность не будет отсортирована.

На рисунке 1 представлено сравнение времени выполнения данного алгоритма сортировки с пузырьковой и древесной алгоритмами.

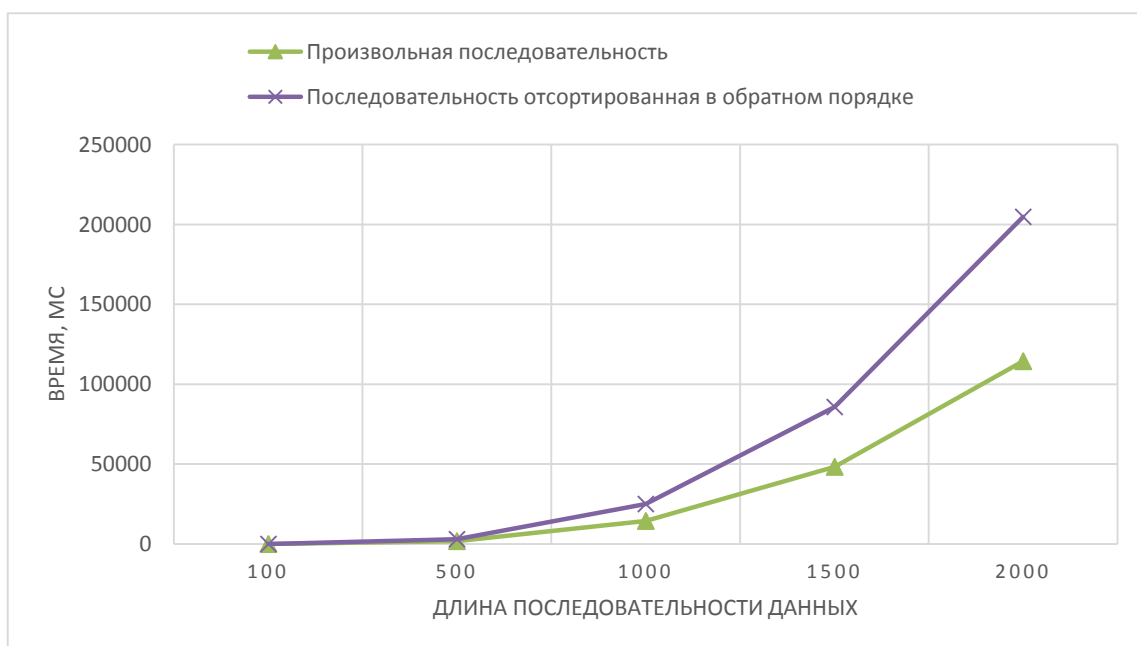


**Рисунок 1. График зависимости времени сортировки от длины последовательности**

Как известно, сложность алгоритма прямо зависит от длины последовательности. Так для простейшей сортировки пузырьком эта зависимость квадратичная  $O(n^2)$ , где  $n$  – количество элементов сортируемого массива, что весьма неэффективно, поэтому алгоритм считается учебным и почти не применяется вне учебной литературы. Общее быстроедействие метода древесной сортировки составляет  $O(n \log n)$ , основным недостатком является требование к памяти под дерево.

Что касается созданного нами алгоритма, сложность данного алгоритма составляет  $O(n^2 \log n)$  в среднем случае, где шаги преобразования массива данных к бинарному дереву и обратно составляет  $O(n)$ , а операции вставки и удаления элементов в среднем случае имеют сложность  $O(\log n)$ , а в случае разбалансированного дерева  $O(n)$ , что может привести к сложности всего алгоритма Бинарной сортировки порядка  $O(n^3)$ .

На рисунке 2 представлено сравнение времени работы алгоритма для произвольной последовательности и наиболее «неблагоприятного» случая (когда последовательность отсортирована в порядке, обратном требуемому).



**Рисунок 2. График зависимости времени сортировки от степени упорядоченности элементов последовательности**



Недостатком являются также большие требования к памяти. Очевидно, нужно  $n$  места под ключи и, кроме того, память на 2 указателя для каждого из них.

Таким образом, такой алгоритм нельзя отнести к группе быстрых, т.к. при большом количестве входных данных его использование не является оптимальным по времени и расходам памяти. Значит, существующий алгоритм древесной сортировки является более эффективным.

### **Список литературы:**

1. Бинарные деревья: задачи, решения, указания. — Банк компьютерных изданий ЮФУ, 2009. — 71 с.
2. Практикум по программированию на языке Паскаль: Массивы, строки, файлы, рекурсия, линейные динамические структуры, бинарные деревья. Издание шестое, переработанное и дополненное. — Ростов н/Д: Изд-во «ЦВВР», 2008. — 227 с.
3. Уилсон В. Введение в теорию графов. — М.: Издательство «Мир», 1977. — С. 57–72.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**МОЛОДЕЖНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ:  
ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ**

*Электронный сборник статей по материалам XXXVIII студенческой  
международной заочной научно-практической конференции*

№ 9 (38)  
Октябрь 2016 г.

В авторской редакции

Издательство «МЦНО»  
127106, г. Москва, Гостиничный проезд, д. 6, корп. 2, офис 213

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

