



**НАУЧНЫЙ  
ФОРУМ**  
nauchforum.ru

ISSN 2618-9402



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

**ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**  
**№ 10(21)**

г. МОСКВА, 2019



# ТЕХНИЧЕСКИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ. СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ

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

№ 10 (21)  
Октябрь 2019 г.

Издается с февраля 2018 года

Москва  
2019

УДК 62+51  
ББК 30+22.1  
Т38

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** – кандидат медицинских наук, рецензент АНС «СибАК»;

**Елисеев Дмитрий Викторович** – кандидат технических наук, доцент, начальник методологического отдела ООО "Лаборатория институционального проектного инжиниринга";

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

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

**Карпенко Татьяна Михайловна** – кандидат философских наук, рецензент АНС «СибАК»;

**Костылева Светлана Юрьевна** – кандидат экономических наук, кандидат филологических 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;

**Т38 Технические и математические науки. Студенческий научный форум.** Электронный сборник статей по материалам XXI студенческой международной научно-практической конференции. – Москва: Изд. «МЦНО». – 2019. – № 10 (21) / [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: [https://nauchforum.ru/archive/SNF\\_tech/10%2821%29.pdf](https://nauchforum.ru/archive/SNF_tech/10%2821%29.pdf)

Электронный сборник статей XXI студенческой международной научно-практической конференции «Технические и математические науки. Студенческий научный форум» 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.

## Оглавление

<b>Секция 1. Технические науки</b>	<b>4</b>
РАЗРАБОТКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО СЕРВИСА ДЛЯ СБОРА ТАРИФИКАЦИОННЫХ ДАННЫХ С ЦИФРОВОЙ АТС AVAYA S8500 Кораблев Денис Павлович Кокорева Елена Викторовна	4
АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ КРОНШТЕЙН "ЛАПА" Мухортов Денис Юрьевич Грешилов Анатолий Дмитриевич	12
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ СПЛАВА ОТ4-1 Потемкин Григорий Олегович Грешилов Анатолий Дмитриевич	17
РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНТАЖА СТАПЕЛЯ СБОРКИ СТАБИЛИЗАТОРА ВЕРТОЛЕТА Тетерина Юлия Алексеевна Мотошкин Эдуард Элисович	21
ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА НАРОСТООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16 Троицкий Владимир Александрович Инхеев Баир Сергеевич	26
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕДУКТОРНОЙ РАМЫ ВЕРТОЛЕТА МИ-8 И ЕГО МОДИФИКАЦИЙ Шаталов Артем Александрович Мандаров Эрдэни Борисович	30
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭРИТРОПОЭТИНА Яснюк Мария Эдуардовна Ребров Дмитрий Артурович Костанов Даниил Романович Лазурина Людмила Петровна Басарева Ольга Ильинична	38
<b>Секция 2. Физико-математические науки</b>	<b>41</b>
ТЕОРИЯ БЕСКОНЕЧНЫХ ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ Газдиева Марьям Алиевна	41
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕНИЯ МЕТОДОМ ФУРЬЕ АНАЛИЗА Давыдова Анастасия Игоревна Гендрина Ирина Юрьевна	49

# СЕКЦИЯ 1.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### РАЗРАБОТКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО СЕРВИСА ДЛЯ СБОРА ТАРИФИКАЦИОННЫХ ДАННЫХ С ЦИФРОВОЙ АТС AVAYA S8500

***Кораблев Денис Павлович***

*магистрант, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики СибГУТИ,  
РФ, г. Новосибирск*

***Кокорева Елена Викторовна***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент,  
Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики СибГУТИ,  
РФ, г. Новосибирск*

### DEVELOPMENT OF A TELECOMMUNICATION SERVICE FOR COLLECTING CHARGING DATA FROM A DIGITAL TELEPHONE EXCHANGE AVAYA S8500

***Denis Korablev***

*magister, Siberian State University of Telecommunications and Information Sciences,  
Russia, Novosibirsk*

***Elena Kokoreva***

*candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Siberian State University of  
Telecommunications and Information Sciences,  
Russia, Novosibirsk*

**Аннотация.** В настоящее время тема разработки распределенных сетевых приложений с клиент-серверной архитектурой очень популярна и востребована. В статье рассматривается вопрос исследования архитектуры и создания телекоммуникационного сервиса по сбору тарификационных данных с цифровой АТС Avaya S8500.

**Abstract.** Currently, the topic of developing distributed network applications for client-server architecture is very popular and in demand. The article addresses the

issue of architecture and the creation of a telecommunication service for collecting charging data from an Avaya S8500 digital telephone exchange.

**Ключевые слова:** распределенные приложения; клиент-серверная архитектура; тарификация данных АТС; облачные технологии.

**Keywords:** distributed applications; client-server architecture; PBX data billing; cloud technologies.

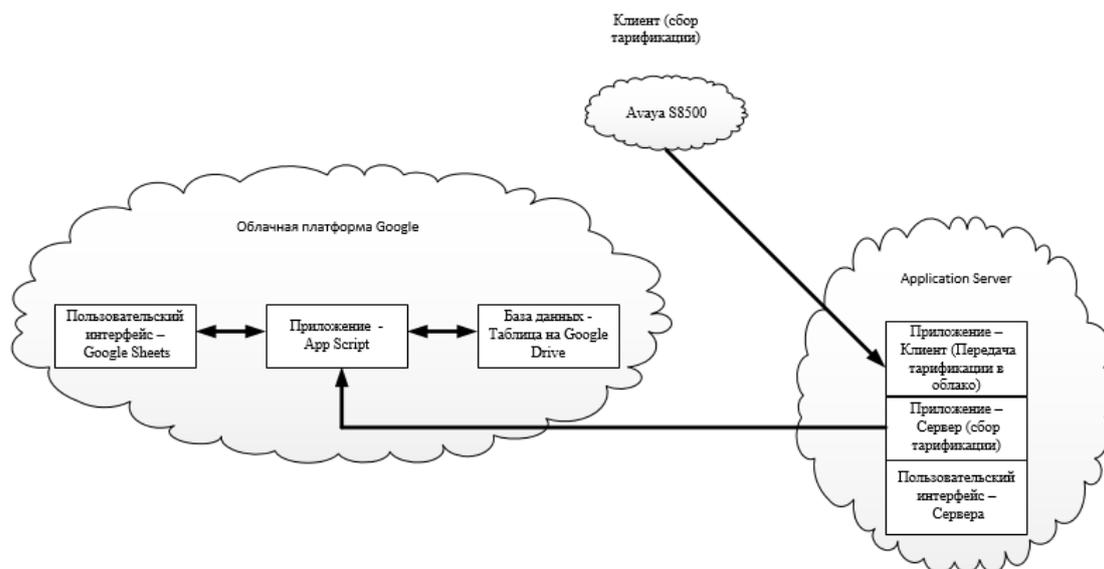
Целью настоящей работы является создание законченной клиент-серверной телекоммуникационной системы, предназначенной для записи в реальном времени тарификационных данных цифровой АТС Avaya S8500. Данная комплексная услуга будет использована для ведения базы тарификационных данных в облачном хранилище Google Sheets.

Для достижения заданной цели будут поставлены и решены следующие задачи:

- Определение необходимой клиент-серверной архитектуры телекоммуникационной услуги для обеспечения максимальной отказоустойчивости и удобства использования.

- Определение используемого “стека технологий” для реализации комплексной телекоммуникационной услуги.

На рисунке 1 представлена модель многоуровневой клиент-серверной архитектуры, на основе которой реализована услуга по сбору тарификационных данных:



**Рисунок 1. Архитектура телекоммуникационной услуги сбора тарификационных данных**

Цифровая АТС Avaya S8500 — это коммуникационный медиа-сервер, работающий в связке с шлюзом G650 и предназначенный для оказания услуг телефонной связи. Цифровая АТС позволяет в реальном времени выгружать тарификационные данные телефонных звонков на сервер сбора данных CDR по порту TCP.

Application Server – Клиент-серверное приложение, разработанное на языке Java, предназначенное для сбора с Цифровой АТС Avaya S8500 тарификационных данных и записи их в облачную платформу Google. Выбор языка Java для разработки обусловлен следующими причинами:

- Наличие хостинга консольных приложений Java в облачных платформах;
- Поддержка обмена информацией в виде JSON объектов;
- Поддержка технологий объектного программирования при разработке клиент-серверного взаимодействия.

Приложение Apps Script – это скриптовая платформа, разработанная компанией Google для разработки легких приложений на платформе G Suite. Она позволяет автоматизировать работу с онлайн-приложениями с помощью клиент-серверных запросов и получать доступ к данным Google Sheets в рамках обла-

сти видимости пользовательского аккаунта Google. Google Apps Script основан на стандарте языка Java Script и содержит встроенные объекты для взаимодействия со службами Google.

Для простоты реализации комплексной услуги представим ее в виде проектируемых мини-сервисов (Таблица 1).

**Таблица 1.**

**Мини-сервисы для реализации телекоммуникационной услуги**

<b>№</b>	<b>Название сервиса</b>	<b>Backend (Сервер)</b>	<b>Frontend (Клиент)</b>
1	Обмен информацией между Avaya S8500 и Application Server.	Прием данных CDR в виде текстовых строк на заданный порт TCP.	Передача данных CDR в виде текстовых строк на заданный порт TCP.
2	Обмен информацией между Application Server и приложением Google Apps.	Прием информации от клиента в виде REST запроса. Поддержка сжатия данных.	Передача информации на сервер в виде REST запроса. Поддержка сжатия данных.
3	Обмен информацией между приложением Google Apps и сервисами Google.	Использование встроенных объектов для доступа к Google Sheets. Поддержка сессии в виде авторизованного доступа пользователя к записи данных.	

Реализация мини-сервиса №1 не требует проектирования, так как стандарт обмена информацией жестко задан производителем оборудования Avaya. Клиент находится на коммуникационном медиа-сервере и необходимо только реализовать Backend сторону Application Server на языке Java. Прототип основного цикла приема данных CDR представлен на Рисунке 2.

```

public TCPConnection(TCPConnectionListener eventListener, Socket socket) throws IOException {
    this.socket = socket;
    this.eventListener = eventListener;

    in = new BufferedReader(new InputStreamReader(socket.getInputStream(), Charset.forName("windows-1251")));
    out = socket.getOutputStream();

    rxThread = new Thread(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {

            try {

                eventListener.onConnectionReady( tcpConnection: TCPConnection.this);
                while (!rxThread.isInterrupted()) {
                    String value = in.readLine();
                    if (value != null )eventListener.onReceiveString( tcpConnection: TCPConnection.this, value);
                }

            } catch (IOException e) {

                eventListener.onException(TCPConnection.this, e);
            } finally {
                eventListener.onDisconnection( tcpConnection: TCPConnection.this);
            }
        }
    });
    rxThread.start();
}

```

**Рисунок 2. Основной цикл приема данных CDR Application Server**

Для реализации мини-сервиса №2 необходимо определить систему команд для обмена информацией между клиентом и сервером в рамках REST запросов. При использовании диалектов языка Java традиционным способом обмена информацией является использование JSON сообщений, тогда минимальную систему команд можно представить в виде Таблицы 2:

**Таблица 2.**

**Система команд Application Server для мини-сервиса №2.**

№	Команда	Запрос	Ответ
1	Авторизация клиента на сервере. Получение токена разрешения на запись данных.	{command:'auth', login:'login', password:'password'}	{token:'XXXX'}
2	Запись данных в таблицу данных	{token:'XXXX',command:'append',value:'Строка'}	{result:'Результат команды'}

При необходимости добавления нового функционала система команд будет расширена, код Application Server при этом не потребует больших изменений. Пример отправки команд в приложение Google Apps представлен на Рисунке 3.

```

private void GooglePostAuth() {
    httpPost.clear();
    httpPost.addParameters("command","auth");
    httpPost.addParameters("login","admin");
    httpPost.addParameters("password","admin");
    String response = httpPost.doPostJSON();
    token = getJsonKey(response, key: "token");
    System.out.println("Token: "+ token );
}

private void GooglePostAppend(String value){

    if (token.isEmpty()) return;
    httpPost.clear();
    httpPost.addParameters("token",token);
    httpPost.addParameters("command","append");
    httpPost.addParameters("value",value);
    String response = httpPost.doPostJSON();
    String result = getJsonKey(response, key: "result");
    System.out.println("Result: "+ result );
}

```

**Рисунок 3. Код информационного обмена JSON сообщениями**

При реализации мини-сервиса №3 в редакторе Google Script воспользуемся системой команд мини-сервиса №2 и реализуем обработчик REST запросов по схеме, представленной на Рисунке 4.



**Рисунок 4. Схема организации телекоммуникационной услуги**

Программный код для центрального цикла обработки и реализация команд Application Server представлен на Рисунках 5 и 6.

```

function doProcess(command) {

    //Комманда - JSON объект
    var parsedData = JSON.parse(""+command);
    var comm = parsedData.command;
    var result={};

    switch (comm) {
        case "auth" : result = doAuth(parsedData);break;
        case "append" : result = doAppend(parsedData);break;
    };
    return result;
}

function doAuth(data) {

    var user = data.login.trim();
    var password = data.password.trim();
    var ss= SpreadsheetApp.openById("XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");

    //Ищем нужный лист по имени.
    var sheet = ss.getSheetByName("admin");

    var index = FindDataColumn(sheet,2,user);
    //Есть пользователь в списке
    if (index!= -1) {
        var passw = sheet.getRange(index,3).getValue();
        if (passw == password) {
            var token = setUserToken(sheet,index);
            return {token:token};
        }
    }
    return {};
}
}

```

**Рисунок 5. Цикл обработки Application Server и реализация авторизации**

```

function doAppend(data) {

    var value = data.value.trim();
    var auth=data.token;
    var ss= SpreadsheetApp.openById("XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX");

    //Авторизация токена
    var sheet = ss.getSheetByName("admin");
    var index = FindDataColumn(sheet,4,auth);
    if (index == -1) return {result:"Auth error."};

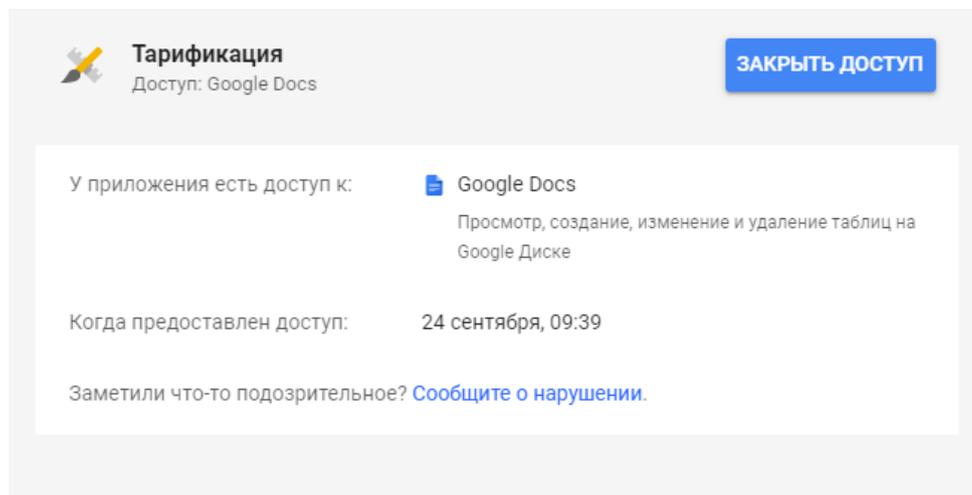
    var sheet2 = ss.getSheetByName("data");
    //Разбираем по строкам
    var data = Utilities.parseCsv(value, '\n');
    var countStr = data.length;
    var indexColumn =2;
    var rows = sheet2.getLastRow()+1;

    for(var i=0; i < countStr;i++) {
        var valueStr = data[i][0];
        //Разбираем по полям
        var dataField = Utilities.parseCsv(valueStr, ";")[0];
        for(var j=0; j < dataField.length ;j++) {
            //Записываем поля CDR
            sheet2.getRange(rows, indexColumn+j).setValue(dataField[j]);
        }
    }
    return {result:"Append OK."};
}

```

**Рисунок 6. Реализация команды добавления данных Application Server**

Для записи тарификационных данных в таблицу Google Sheets приложению Google Apps необходимо будет предоставить доступ к пользовательскому аккаунту Google – владельцу сервиса Google Drive, на котором будет храниться файл базы данных. Данная информация о доступе приложения представлена на Рисунке 7.



***Рисунок 7. Информация об области видимости данных Google Apps***

Владелец таблицы Google Sheets Тарификация (Администратор) в дальнейшем сможет предоставлять пользователям услуги доступа к просмотру тарификационных данных с помощью отдельного встроенного механизма авторизации пользователей Google.

В результате проведенного исследования был создан и успешно внедрен в работу новый телекоммуникационный сервис по сбору тарификационных данных на филиале ПАО “РусГидро”-“Нижегородская ГЭС”. На текущий момент сервис функционирует в полном объеме, замечаний по функционалу от пользователей услуги нет.

### **Список литературы:**

1. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. ван Стеен. — СПб.: Питер, 2003. — 877 с: ил. — (Серия «Классика computerscience»).
2. Разработка интернет-приложений: учеб. пособие для вузов / Е. Г. Сысолетин, С. Д. Ростунцев ; под науч. ред. Л. Г. Доросинского. — М. : Издательство Юрайт, 2017 ; Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та. — 90 с. — Серия : Университеты России.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИИ И МАТЕРИАЛА ДЕТАЛИ КРОНШТЕЙН "ЛАПА"

***Мухортов Денис Юрьевич***

*Магистрант,*

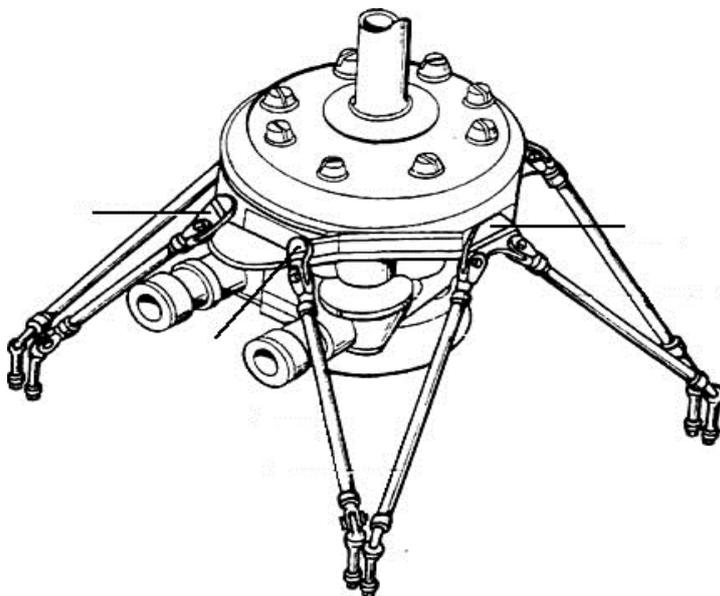
*Восточно-сибирский государственный университет технологии и управления,  
РФ г. Улан-Удэ*

***Грешилов Анатолий Дмитриевич***

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, декан МФ,*

*Восточно-сибирский государственный университет технологии и управления,  
РФ, г. Улан-Удэ*

Данная деталь изготавливается для вертолета Ми-8 и его модификаций. Деталь «Лапа» является соединительным элементом и крепит главный редуктор на вертолете с редукторной рамой, которая состоит из четырех V-образных вилок, каждая из которых образуется из одного основного и одного прицепного подкоса как показано на рисунке 1.



***Рисунок 1. Главный редуктор***

Деталь «Лапа» образует базовую деталь, на которую устанавливают детали и сборочные единицы, точность относительного положения которых должно обеспечиваться как в станке, так и в процессе работы машины под нагрузкой. В соответствии с этим деталь «Лапа» должна иметь требуемую точность, обладать необходимой жесткостью и вибрационной устойчивостью, что обеспечи-

вадет требуемое относительное положение соединяемых деталей и узлов, правильность работы механизмов.

Конструктивное исполнение детали – «Лапа» материал и необходимые параметры определяют, исходя из служебного назначения детали, требований к работе механизмов и условий их эксплуатации.

Исходя из назначения - это очень ответственный узел, работающий в агрессивной среде, на который накладываются высокие требования, как в надежности в работе, так и по обеспечению безопасности в работе. Кроме требований по изготовлению «Лапы» строго в соответствии требованиям размера чертежа, к детали накладываются строгие требования по прочности. По условиям сборки и работы в узле предъявляются высокие требования к отверстиям обрабатываемым по 7-му качеству, размерами 42мм, а также к бобышке размером  $60^{0.03}$  по 7-му качеству .

Лапа – деталь особоответственная, являющаяся одной из основных частей летательного аппарата, представлена на рисунке 2.

Деталь достаточно жесткой конструкции, и при обработке есть возможности надежно крепить в оснастке, не требует специального режущего и мерительного инструмента.



*Рисунок 2. Кронштейн "Лапа"*

При разработке технологических операций необходимо особое внимание уделять выбору баз и способу базирования, для обеспечения точности обработ-

ки детали и выполнения технологических требований чертежа. База должна обеспечить отсутствие недопустимых деформаций детали, а также простоту конструкции станочного приспособления с удобной установкой, креплением и снятием обрабатываемой детали. При необходимости особенно точно выдерживать допуск на расположение обработанной поверхности.

В качестве установочных баз необходимо выбирать те поверхности, от которых должны выдерживаться заданные размеры.

Основные поверхности определяют по двум признакам:

- поверхности, при помощи которых деталь базируется в конструкции машины.
- поверхности, при помощи которых деталь выполняет свое служебное назначение.

Таким образом поверхности  $\varnothing 42H7$ ,  $\varnothing 60h7$ , являются основными т.к. они удовлетворяют признакам перечисленным выше.

Все остальные поверхности являются второстепенными, как не удовлетворяющие указанным признакам.

#### **Анализ материала детали.**

Деталь "Лапа" изготавливают из материала 40ХН2МА, заготовка для детали – штамповка.

Характеристика материала: 40ХН2МА относится к группе высокопрочных стальных сплавов. Широко применяется в технике, особенно – авиационной. Характеризуется хорошими литейными свойствами и высокими механическими свойствами, которые и определяют для изготовления деталей сплошной конфигурации и требующей высокой прочности. Сплав может окисляться на воздухе и требует защитных покрытий.

Таблица 1.

## Химический состав (основные компоненты) 40ХН2МА

Химический состав, %									
C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Al	Mo	W
0,3-0,35	0.6-0.9	0.9-1.2	3.7-4.0	0.4	0.025	0.025	0.1	0.1-0.2	0.2

Остаточное содержание меди не должно превышать 0,3%. При соблюдении всех других требований ОСТ в штамповке допускаются следующие отклонения от химического состава:

- по углероду  $\pm 0,1\%$ , по никелю  $\pm 0,1\%$ , кремнию, марганцу и хрому  $\pm 0,05\%$  каждого, по молибдену  $\pm 0,02\%$ , вольфраму  $\pm 0,1\%$ .

Механические свойства стали, определяемые на образцах после термообработки, должны удовлетворять требованиям таблицы 2.

Таблица 2.

## Механические свойства сплава 40ХН2МА

РЕЖИМ Термо- обработки	Механические свойства, не менее									
	Временное сопротив- ление		Предел теку- чести		Относительное		Ударная вязкость		Твердость по Бри- неллю диаметр отп., мм	
					Удлинение, %	Сужение, %	Дж/см <sup>2</sup>	Кгс*м/см <sup>2</sup>		
	Н/мм <sup>2</sup>	кгс/мм <sup>2</sup>	Н/мм <sup>2</sup>	кгс/мм <sup>2</sup>						
Закалка (890 $\pm$ 10) С в масле. Отпуск при (630-670) С	780	80	590	12	60	12	30	49	5	4,05-3,65
Закалка (890 $\pm$ 10) С в масле. Отпуск при (570-630) С	980	100	835	85	85	9	25	29	3	3,65-3,35

В штамповке трудно выдержать стабильность механических свойств. Хотя штамповка изготавливается из хромистой стали, по этой причине широкое применение крупногабаритных штамповок ограничено.

Причины:

- Практически не возможно выдержать равномерный химический состав сплава по всему объему.

- Наблюдается закономерность влияния скорости затвердевания стали на её механические свойства. Поэтому чем крупнее штамповка, прочностные свойства на поверхности на много выше чем внутри .

При увеличении скорости затвердевания наблюдается резкое возрастание ударной вязкости и еще меньшее повышение предела прочности при растяжении. Чем меньше в металле содержание неметаллических включений, образовавшихся в условиях свободного питания, тем больше возрастают механические свойства стали. Ускорение затвердевания металла является одним из основных технологических средств повышения механических свойств.

Вывод: материал труднообрабатываемый и требует применения твердо-сплавного инструмента.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ СПЛАВА ОТ4-1

**Потемкин Григорий Олегович**

*магистрант,*

*Восточно-сибирский государственный университет технологии и управления,  
РФ г. Улан-Удэ*

**Грешилов Анатолий Дмитриевич**

*научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, декан МФ,*

*Восточно-сибирский государственный университет технологии и управления,  
РФ г. Улан-Удэ*

### *Методика проведения исследований*

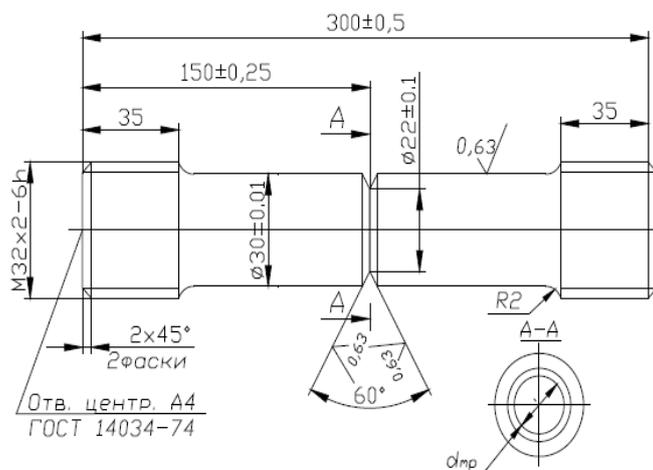
Важность изучения процессов распространения трещин в конструкционных материалах обусловлена также тем, что подобные случаи разрушения конструкций свидетельствуют о недостаточности оценки прочности материалов, из которых они изготовлены, на основе стандартных механических характеристик ( $\sigma_B$ ,  $\sigma_T$ ,  $\delta$ ,  $\psi$ , KCV и др.).

Более полную информацию о механическом поведении конструкции в условиях хрупкого разрушения (при номинальных напряжениях ниже предела текучести материала) дает использование при анализе подобных разрушений критериев оценки трещиностойкости материала  $K_C$  или  $K_{IC}$  (вязкость разрушения); критического раскрытия трещины в ее тупиковой части  $\delta_c$ ; плотности энергии разрушения  $\gamma$ , работы распространения трещины при ударном нагружении и др.

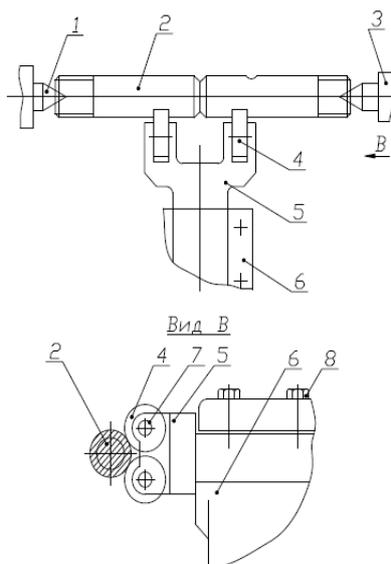
Сущность применяемого метода способа сводится к тому, что образец (рис. 2.3) устанавливается в центрах токарного станка (рис. 1.1, а) и с помощью специального нагружающего устройства (рис. 1.2, б), закрепленного в держателе токарного станка, в месте кольцевого надреза подвергается круговому изгибу с последующим циклическим деформированием.

В результате на дне кольцевого надреза в нагруженном образце зарождается усталостная кольцевая трещина строгой концентричности. Глубина трещины зависит от времени вращения образца или от количества циклов его деформирования.

Режим нагружения образца, т.е. радиальную нагрузку при изгибе, следует выбирать в диапазоне от предела усталости до предела текучести данного материала. Иными словами, нагрузка деформирования должна соответствовать упругой стадии нагружения исходя из прочностных свойств исследуемого материала ( $K_f = 0,67 K_{1C}$ , где  $K_f$  – коэффициент интенсивности напряжений при усталостном деформировании образца;  $K_{1C}$  – характеристика трещиностойкости материала).



**Рисунок 1.1. Цилиндрический образец с кольцевой трещиной для осевого растяжения**



**Рисунок 1.2. Схема образования кольцевых трещин в цилиндрических образцах (а) и конструкция нагружающего устройства (б): 1 – поводковый центр; 2 – образец; 3 – вращающийся центр; 4 – шарикоподшипники; 5 – вилка наружная; 6 – резцедержатель станка; 7 – ось; 8 – болт**

Статическая трещиностойкость материала при испытании образца оценивается критическим коэффициентом интенсивности напряжений в вершине трещины  $K_{1C}$ , называемым по Дж. Ирвину вязкостью разрушения, который можно определить из соотношения.

$$K_{1C} = \frac{F}{D\sqrt{D}} \cdot Y, \quad (1.1)$$

$$Y = \frac{0,79\sqrt{1-\lambda}}{\lambda\sqrt{\lambda}\sqrt{1-0,8012\lambda}}, \quad (1.2)$$

где  $F^*$  – разрушающая нагрузка для образца с трещиной;

$Y$  – поправочная функция, зависящая от значения относительного размера трещины;

$\lambda = \frac{d}{D}$ , ( $d$  – диаметр образца в плоскости кольцевой трещины;  $D$  – наружный диаметр цилиндрического образца).

На основе соотношений (1.1) и (1.2), а также значения разрушающей нагрузки  $F=F^*$  для каждого образца, устанавливаемой в результате его испытания, после определения диаметров  $d$  и  $D$  рассчитывалась характеристика  $K_{1C}$  материала оковок

#### *Материалы и оборудование*

Для исследования трещиностойкости образцов из титанового сплава ОТ4-1 использовался токарно-винторезный станок 16К20 (рис. 1.3).

#### Характеристика сплава ОТ4-1

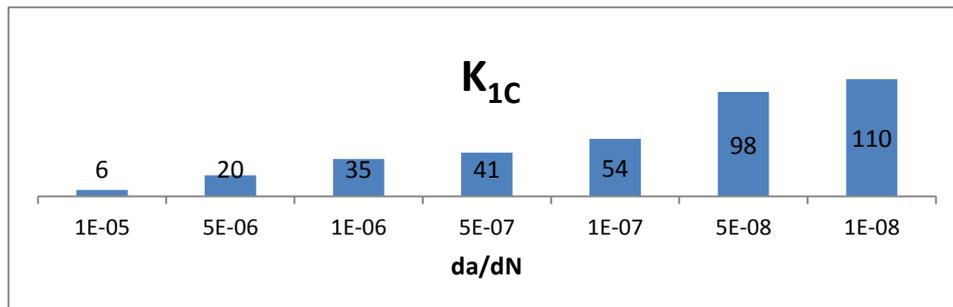
Марка	ОТ4-1
Классификация	Титановый деформируемый сплав
Применение	тонкостенные детали сложной конфигурации, длительно работающие при температуре 300°С (3000 ч) и 350°С (2000 ч); класс по структуре псевдо $\alpha$ ; Недостатки - сравнительно невысокая прочность; очень большая склонность к водородной хрупкости



*Рисунок 1.3. Токарно-винторезный станок 16K20*

*Результаты испытаний*

На рисунке 1.4 представлены результаты исследования трещиностойкости образцов. Как показывает график трещиностойкости титанового сплава ОТ4-1, находится в прямой зависимости от количества циклов нагружения.



*Рисунок 1.4. График зависимости  $K_{1C}$  сплава ОТ4-1 от количества циклов нагрузки*

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНТАЖА СТАПЕЛЯ СБОРКИ СТАБИЛИЗАТОРА ВЕРТОЛЕТА

**Тетерина Юлия Алексеевна**

*студент,*

*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,  
РФ, г. Улан-Удэ*

**Мотошкин Эдуард Элисович**

*научный руководитель, старший преподаватель,*

*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,  
РФ, г. Улан-Удэ*

На авиастроительных предприятиях одним из самых продолжительных и ответственных этапов является технологическая подготовка сборочного производства. Она подразумевает под собой изготовление, сборку и обслуживание сборочных приспособлений, которые обеспечивают необходимую точность сборки изделия [1]. Точность в сборочном приспособлении выполняется на двух этапах технологической подготовки производства:

- изготовление базирующих элементов конструкции сборочной оснастки;
- монтаж базирующих элементов на каркасе сборочной оснастки.

В современных условиях на отечественных предприятиях авиационной промышленности внедряется технология безэталонного метода сборки сборочных приспособлений. Безэталонная технология монтажа включает позиционирование частей конструкции сборочного приспособления в пространстве по координатам по данным электронной модели. Для ее осуществления требуется три компонента:

1. Сборочная оснастка представлена в виде электронной матмодели, определяющая её расположение в пространстве относительно координат системы вертолета и монтажных точек.

2. Средства для измерения и сопоставления реальных и номинальных координат.

3. Средства монтажа в пространстве.

В вышеизложенном методе источником данных является матмодель, выполненная в системе NX. С помощью её и с использованием базовых точек осуществляется сборка приспо в цехе. Используя лазерный трекер производится измерение координат монтируемых элементов сборочной оснастки в пространстве. Данный процесс подразумевает регулировку каждого компонента оснастки путем перемещения домкратных винтов с непосредственным участием человеческого труда. Повторения таких операций во время монтажа приводит к увеличению трудоемкости. Для ускорения сборки, уменьшения трудоемкости, увеличения точности, процесс необходимо автоматизировать. Большинство предприятий данной отрасли используют метод монтажа приспособлений по эталонам. Планово-предупредительный ремонт изделий монтируемых по эталонам является сложным и более энергоемким по сравнению с безэталонным монтажом. Эталоны требуют особенное обслуживание и площади для их хранения, т.к. они являются главным носителем информации, что увеличивает затраты. Для увеличения действенности техподготовки сборочного производства осуществляем внедрение автоматизированного комплекса монтажа сборочной оснастки. Это способствует не только снижению трудоемкости монтажа сборочной оснастки, но и отказу от хранения монтажных эталонов. Автоматизированный комплекс включает в себя промышленного робота с устройством захвата, автоматизированная система координат и всевозможные технические средства (рис. 1). Комплекс предназначен для автоматизированного позиционирования монтируемых элементов сборочной оснастки промышленным роботом по координатам на основе данных матмодели и результатов автоматизированных координатных измерений.



Промышленный робот обладает необходимой точностью позиционирования, достаточной грузоподъемностью, а рабочая зона позволяет выполнять монтаж множество видов сборочной оснастки. С учетом массовых и габаритных характеристик монтируемых элементов сборочной оснастки, предложены два основных варианта захватных устройств: двухпальцевый захват с параллельными пальцами и универсальный захват с отъемной частью, устанавливаемой на монтируемую деталь.

Процесс автоматизированного монтажа состоит из следующих основных этапов.

1. Согласование систем координат путём измерения заданных базовых точек на компонентах комплекса.

2. Захват монтируемой детали сборочной оснастки с помощью захватного устройства робота. Координаты детали, установленной для захвата, известны по результатам измерений лазерным трекером. Поэтому перемещение робота для захватывания детали может быть выполнено как по заранее заданной программе, так и в режиме ручного управления по координатам.

3. Перемещение детали роботом в промежуточное положение позиционирования.

4. Измерение координат детали в промежуточном положении позиционирования лазерным трекером.

5. Автоматическое позиционирование монтируемой детали роботом из её фактического положения в заданное номинальное положение по расчётным значениям.

6. Контроль положения монтируемой детали после позиционирования выполняется лазерным трекером.

7. Фиксация монтируемой детали на несущем каркасе сборочной оснастки. При этом робот удерживает деталь неподвижно, а персонал получает доступ в рабочую зону, чтобы выполнить фиксацию.

8. Разжатие и отвод захвата робота.

Выводы: разрабатываемый комплекс автоматизированного монтажа сборочной оснастки позволит выполнять безэталонный монтаж с помощью промышленного робота. Это позволит сократить трудоёмкость процесса монтажа сборочной оснастки и отказаться от необходимости монтажа по эталонам.

### **Список литературы:**

1. Ахатов, Р.Х. Современные методы и средства монтажа сборочной оснастки: учебно-методическое пособие / Р.Х.Ахатов, А.С. Говорков, - Иркутск: Изд-во НИ ИрГТУ, 2011.76с.
2. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолётов/ Пекарш А.И., Тарасов Ю.М., Кривов Г.А. [и др.] – М.: Аграф-пресс, 2006. – 304с.
3. Технология самолётостроения: Учебник для авиационных вузов / А.Л. Абибов, Н.М. Бирюков, В.В. Бойцов и др. Под ред. А.Л. Абибова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982. – 551с.

## **ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ НА НАРОСТООБРАЗОВАНИЕ ПРИ ОБРАБОТКЕ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16**

***Троицкий Владимир Александрович***

*магистрант,*

*Восточно-сибирский государственный университет технологии и управления,  
РФ г. Улан-Удэ*

***Инхеев Баир Сергеевич***

*научный руководитель, старший преподаватель,*

*Восточно-сибирский государственный университет технологии и управления,  
РФ г. Улан-Удэ*

При резании ряда металлов и особенно изделий из алюминиевых сплавов при определенных режимах резания на передней поверхности режущей кромки образуется клиновидный, очень прочный нарост, являющийся, по сути, продолжением режущей кромки фрезы. Нарост оказывает значительное влияние на параметры процесса резания, а также на стойкость инструмента и шероховатость обработанной поверхности.



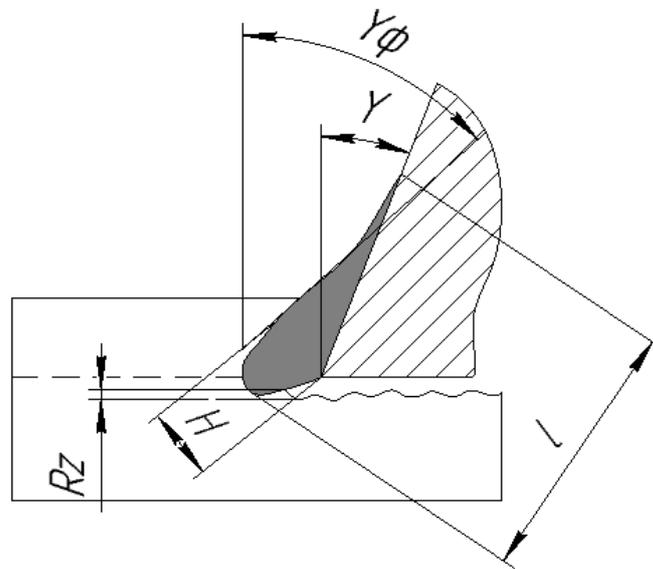
***Рисунок 1. схема образования нароста***

Наростообразование на режущей кромке обрабатываемого инструмента образуется из остаточного слоя срезаемого металла при некотором напряженном состоянии участка резания, когда наблюдается разрушение металла в самой стружке, уже прошедшей деформацию в условной плоскости сдвига. В этом случае стружка удаляется из зоны резания не по переднему углу обраба-

тывающего инструмента, а по возникшему наростообразованию, схема которого приведена на рис. 1.

В данной статье мною было исследовано наростообразование при обработке алюминиевого сплава Д16 при заданных режимах резания

Исследование проводилось на раскройном станке с числовым программным управлением. В качестве режущего инструмента была использована четырехзубая концевая фреза  $\varnothing 16$  мм из быстрорежущей стали с передним углом  $20^\circ$ .



**Рисунок 2. схема строения нароста**

При исследовании наростообразование было проведено три эксперимента. После проведения каждого эксперимента были увеличены такие показатели как: число оборотов и скорость резания, которые приведены в таблице 1. После чего были произведены замеры, согласно схемы строения нароста рис. 2., следующих показателей: толщины нарастающего слоя ( $H$ ), длины нароста ( $l$ ) изменения переднего угла ( $\gamma$ ), а так же шероховатости поверхности ( $R_z$ ).

**Таблица 1.**

**Изменяемые параметры режимов резания при проведении экспериментов**

Изменяемые параметры режимов резания	№1	№2	№3
n(число оборотов)	1000 об/мин	2000	5000
$S_z$ (подача на зуб фрезы)	0,03 мм/зуб	0,03 мм/зуб	0,03 мм/зуб
V(скорость резания)	50 м/мин	100 м/мин	250 м/мин

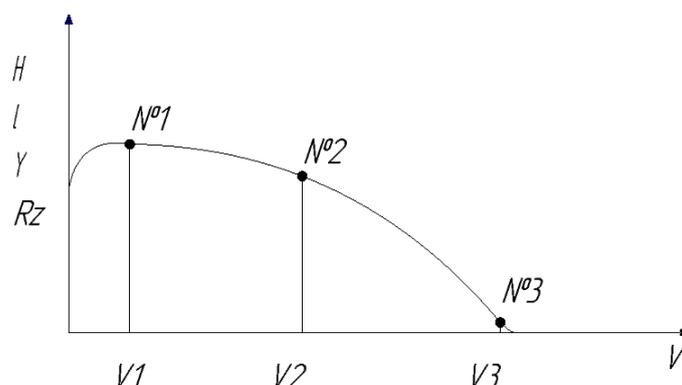
Результаты замеров после проведенных экспериментов на основе схемы строения наростов были внесены в таблицу 2

**Таблица 2.**

**Результаты замеров исследуемых параметров**

	H	l	$\gamma$	Rz
№1	1,0 мм	2,1 мм	27°	0,08 мм
№2	0,5 мм	1,0 мм	23°	0,04 мм
№3	0,1 мм	0,5 мм	20,5°	0,02 мм

В соответствии с полученными параметрами строим график зависимости исследуемых параметров от скорости резания рис. 3.



**Рисунок 3. Зависимость исследуемых параметров от скорости резания**

На основании полученного графика рис. 3. можно сделать вывод, что с увеличением скорости резания температура в зоне обработки растет, что сопровождается увеличением высоты нароста H, следовательно, величина фактических исследуемых параметров возрастает. В диапазоне скоростей резания V1, V2, V3, с ростом температуры резания нарост становится менее прочным и при

дальнейшем увеличении скорости резания его размеры уменьшаются до полного исчезновения.

### **Список литературы:**

1. Лоладзе Т.Н. Стружкообразование при резании металлов 2017.
2. Н. Б. Демкин, Э. В. Рыжов. Качество поверхности и контакт деталей машин – 1981.
3. Серебеницкий П.П. Краткий справочник станочника – 1982.
4. Кирсанов С.В. Резание металлов – 2006.

# УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РЕДУКТОРНОЙ РАМЫ ВЕРТОЛЕТА МИ-8 И ЕГО МОДИФИКАЦИЙ

**Шаталов Артем Александрович**

магистрант,

Восточно-сибирский государственный университет технологии и управления,  
РФ г. Улан-Удэ

**Мандаров Эрдэни Борисович**

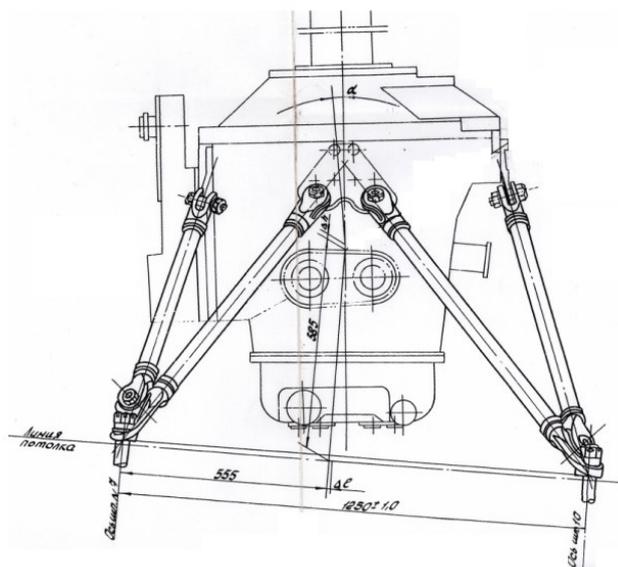
научный руководитель, старший преподаватель,

Восточно-сибирский государственный университет технологии и управления,  
РФ г. Улан-Удэ

Редукторная рама предназначена для крепления главного редуктора на вертолете. Она воспринимает возникающие статические и переменные динамические нагрузки



**Рисунок 1. Обозначение позиции на машине**



**Рисунок 2. Схема базирования редукторной рамы**

Рама состоит из 4-х основных и 4 х прицепных раскосов (подкосов), изготовленных из стальных труб, с приваренными на конце вилками и лапами, для взаимной фиксации попарно в V – образные подкосы.

На сегодняшний день проблема изготовления редукторной рамы вертолета МИ-8 заключается в большом цикле её изготовления и периодическом получении партионного брака при выполнении технологического процесса, в том числе «Высадка» и «Сварка».

Цельнотянутые трубы для подкосов редукторной рамы изготавливаются из материала 30ХГСА, имеющие сечение 50х3

Для достижения внешнего диаметра 53,5, трубы подвергаются высадке на горизонтально-ковочной машине машине ВА1132М.

Высадка труб выполняется за 3 перехода на сторону. Каждый переход данного процесса требует местного нагрева основного материала трубы в пламенной печи ПУ-53 до температуры 900-1200°С.

Переходы высадки производятся с использованием соответствующей матрицы.

Для получения первоначальной структуры материала в зоне высадки, деталь подвергается термической обработке – «нормализация» с выдержкой 2 часа при температуре 770-790°С, с дальнейшим остужением на воздухе.

Сварка производится в 2 перехода:

1. Формирование корня шва.
2. Заполнение разделки кромок присадочным материалом.

Корень шва формируется при помощи современного оборудования для автоматической сварки, в среде защитных газов (аргон), без использования присадочной проволоки. К сожалению, при проведении 100% рентген контроля сварных соединений редукторной рамы вертолѐта МИ-8 и его модификаций, периодически выявляются несоответствия сварного соединения согласно нормативной документации – «Поры».

В соответствии производственной инструкции 1.4.75-2000 «Дуговая сварка в среде защитных газов конструкционных, нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов», разработанной НИАТ, поры являются следствием:

1. Недостаточной зачистки основного или присадочного материала;
2. Неэффективной газовой защитой сварочной ванны.

1. При формировании корня шва присадочный материал не используется, соответственно возможность его недостаточной зачистки исключается. Что касается основного материала – кромки тщательно подготавливаются под сварку как механическим, так и слесарным способом. Все детали проходят обезжиривание, в соответствии технологического процесса, для устранения потожировых следов, волосовин и прочих органических и неорганических элементов.

2. Возможность неэффективной газовой защиты. Для выполнения технологического процесса используется аргон газообразный, высшего сорта ГОСТ 10157-2016, который проходит приемо – сдаточные испытания и имеет сертификат качества. Так же эффективность газовой защиты подтверждается безотказным качеством сварки другой номенклатуры и отработкой технологического процесса по выбору режимов сварки данного типа изделий.

Для установления причин возникновения пор в сварных швах детали «Подкос» выполнен анализ химического состава материала изделия и проведены исследования методами оптической и растровой электронной микроскопии.



***Рисунок 3. Образцы детали «Подкос», переданные на исследование***

На рисунке 4 приведена микроструктура сварного соединения, на котором видим образование поры, расположенной в теле шва, которая сосредотачивается к детали «Труба». Размер поры равен 1020 мкм.



***Рисунок 4. Микроструктура сварного соединения***

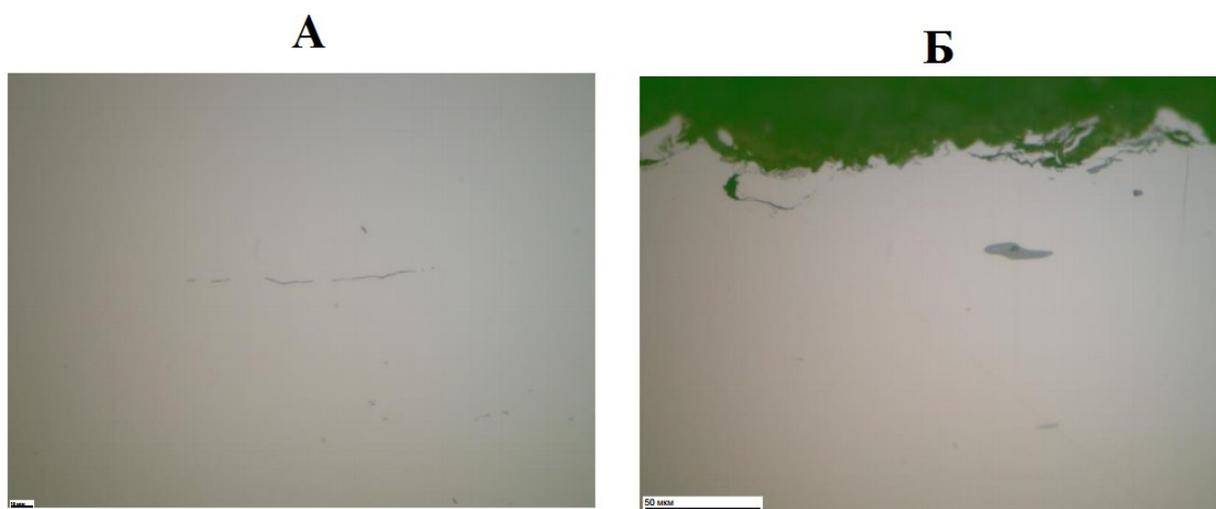
На рис. 5 приведена микроструктура сварных соединений детали «Подкос» после химического травления. Основной металл имеет феррито-перлитную структуру. Металл сварного соединения представляет собой мартенсит с участками видманшеттовой структуры. Основной металл в зоне-

сплавления состоит из мелкоигольчатого мартенсита (зона полной перекристаллизации). Микроструктура металла зоны термического влияния представлена трооститом и ферритом.



**Рисунок 5. Микроструктура сварного соединения «Вилка» – «Труба»**

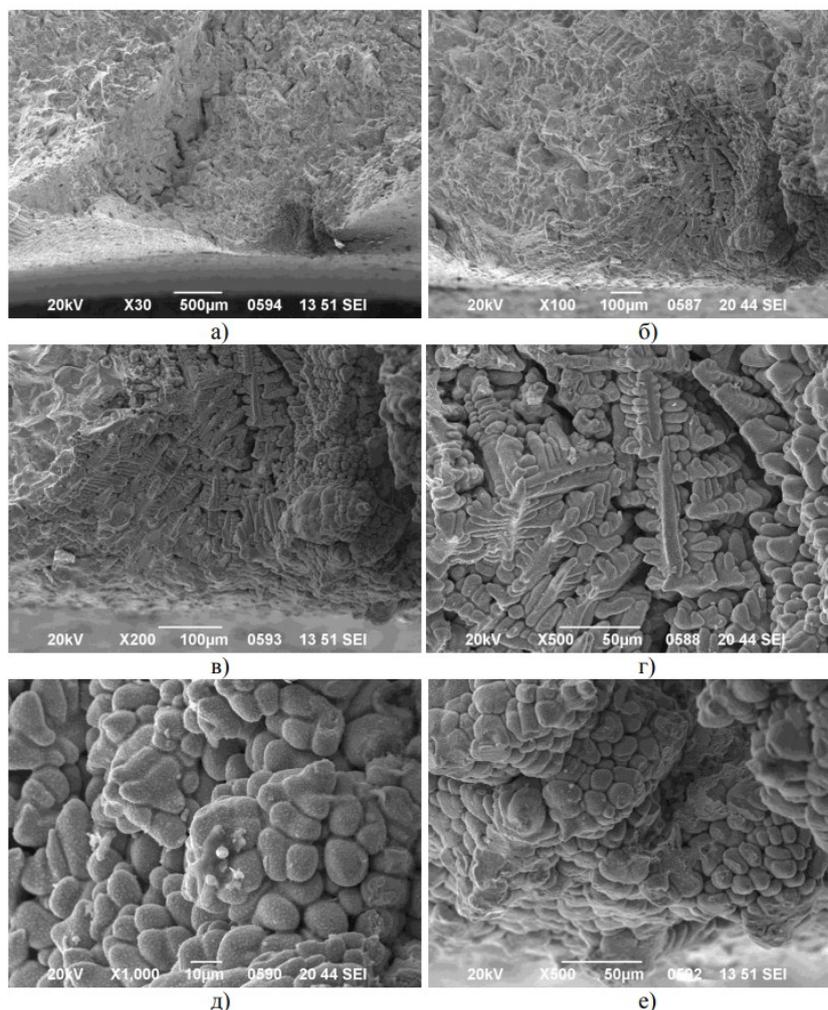
На рис. 6 приведена микроструктура основного металла вблизи сварного соединения «Вилка» – «Труба». Видно, что наружная стенка трубы шероховатая, присутствуют отслоения, поры в приповерхностном слое. Обнаружены скопления неметаллических включений и окислов.



**Рисунок 6. Микроструктура основного металла. А – неметаллические включения, x1000; Б – наружная стенка трубы, x500**

Вскрытый точечный дефект представляет собой участок с рыхлотой (Рисунок. 7). Рыхлоты образуются в процессе сварки при отсутствии у пузырьков

газа возможности выхода на поверхность. При кристаллизации расплава внутри сохраняется газовая полость, не позволяющая сомкнуться растущим дендритам. Размер дефекта – 0,6...0,7 мм.



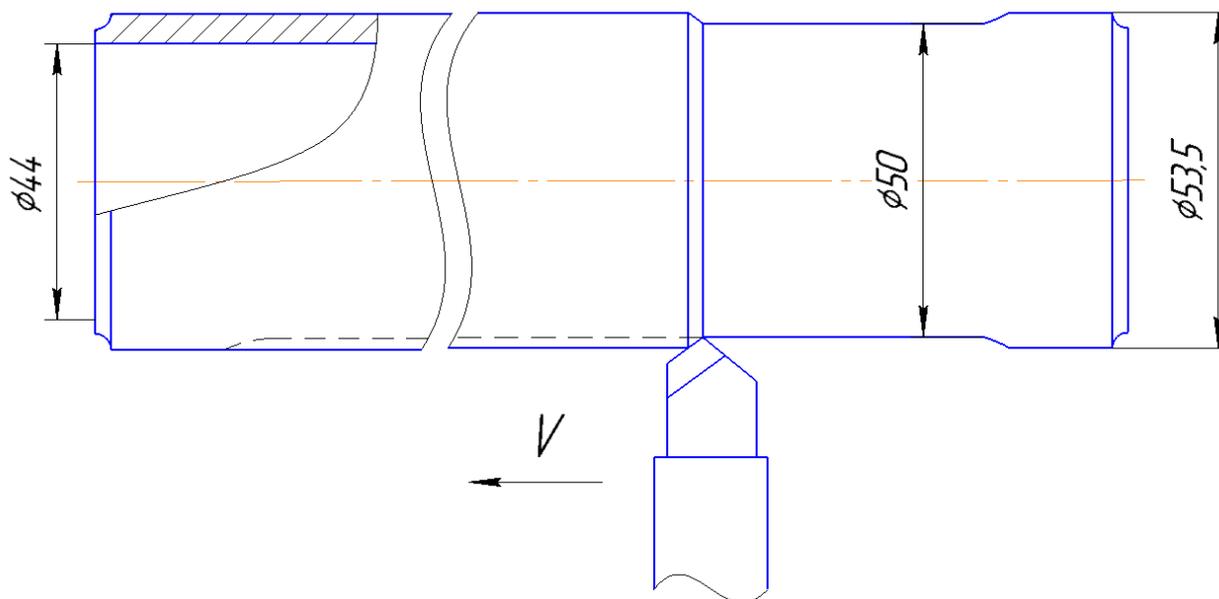
**Рисунок 7. Структура точечного дефекта в изломе сварного шва**

В изломе, полученном в сварном шве между «Трубой» и «Вилкой», также наблюдается смешанное разрушение: внутризеренно с формированием фасеток квазискола (Рисунок. 7 а, б) и по границам зерен (Рисунок. 7 в, г).

Данные дефекты выявляются на производстве выявляются только при сварке представленных деталей. И только они проходят предварительно высадку, для получения нужного диаметра.

Таким образом появилось мнение, что дефекты закладываются на этапе термообработки, которая является частью технологии высадки, а проявляют себя только в процессе сварки.

В целях повышения качества и снижения затрат на изготовление деталей «Подкос редукторной рамы», мы предлагаем исключить высадку труб, путем закупки другого сортамента труб, а именно: трубу 30ХГСА 50х3 заменить на трубу 54х5 мм. Прокат подвергать токарной обработке центрального участка трубы до достижения размера 50х3. (Рисунок 8)



**Рисунок 8. Схема токарной обработки предлагаемого ТП**

Но так, как узел работает в условиях повышенной динамической нагрузки, во избежание усталостного разрушения детали, необходимо произвести упрочнение поверхностного слоя, после проведения механической обработки.

На сегодняшний день имеется большой выбор оборудования, которое обеспечивает упрочнение поверхностного слоя. Для проведения испытаний, будем использовать «БУФО» - без абразивная ультразвуковая финишная обработка.

Так как редукторная рама является особо ответственным узлом летательного аппарата, для внесения новой технологии необходимо пройти испытания готовых деталей, на аттестованном для этого стенде.

Таким образом, на сегодняшний день ведется поиск инвестиций, для проведения испытаний на усталостное разрушение особо ответственного узла летательного аппарата.

### **Список литературы:**

1. Технология конструкционных материалов (2012) под ред. Ю.М. Барона
2. Справочник по авиационным материалам и технологии их применения (1979) В.Г.Александров
3. ПИ 1.4.75-2000 «Дуговая сварка в среде защитных газов конструкционных, нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов»
4. Кирсанов С.В. Резание металлов – 2006.
5. <http://utinlab.ru/articles/bezabrazivnaya-ultrazvukovaya-finishnaya-obrabotka-bufo-ultrazvukovaya-impulsnaya-uprochnyayucshe-chistovaya-obrabotka>

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЭРИТРОПОЭТИНА

**Яснюк Мария Эдуардовна**

*студент, Курский Государственный Медицинский Университет,  
РФ, г. Курск*

**Ребров Дмитрий Артурович**

*студент, Курский Государственный Медицинский Университет,  
РФ, г. Курск*

**Костанов Даниил Романович**

*студент, Курский Государственный Медицинский Университет,  
РФ, г. Курск*

**Лазурина Людмила Петровна**

*научный руководитель, профессор,  
Курский Государственный Медицинский Университет,  
РФ, г. Курск*

**Басарева Ольга Ильинична**

*научный руководитель, доцент,  
Курский Государственный Медицинский Университет,  
РФ, г. Курск*

Гормоны – биологически активные вещества, вырабатываемые железами внутренней секреции. Поступая в кровь, они регулируют практически все виды обмена и функции большинства органов и тканей. К железам внутренней секреции относятся: щитовидная, паращитовидная, поджелудочная железы, надпочечники, гипофиз, половые железы. Нарушение их функции как в сторону уменьшения выработки гормона, так и увеличения приводит к развитию заболеваний, требующих терапии гормонами, гормональными препаратами либо антигормональными средствами.

Получают гормоны и гормональные препараты либо из соответствующих эндокринных желез животных, либо путем химического синтеза.

Одним из самых перспективных для использования при длотекущих заболеваниях гормоном является эритропоэтин. Данный гормон участвует в процессе кроветворения, поэтому целесообразно его применение больным, страдающим различными формами анемий, а также при увеличении количества крови перед различными операциями.

Эритропоэтин (ЭПО, гемопоэтин) – гормон, продуцируемый интерстициальными клетками почек и регулирующий эритропоэз у млекопитающих. По химическому строению является гликопротеином. Филогенетически ЭПО относится к семейству цитокинов.

В настоящее время эритропоэтин получают биотехнологическим методом путём синтеза клеток тканей животных, инициированных плазмидой, содержащей ген человеческого эритропоэтина, то есть рекомбинантные препараты эритропоэтина.

Известен способ получения инъекционной формы рчЭПО. Способ состоит в том, что осуществляют получение геномного ДНК клона эритропоэтина человека гибридацией с зондами и его выделение, конструирование рекомбинантных плазмидных ДНК, кодирующих ЭПО 732 человека, с последующей трансформацией полученными ДНК штаммов клеток млекопитающих (например, *cos 1*), выделением и очисткой целевого продукта.

В 2014 году был создан способ получения нанокапсулированной формы рекомбинантного человеческого эритропоэтина.

Основными достоинствами этого способа является нанокапсулированная форма и чистота получаемого препарата. Размеры нанокапсул обычно не превышают 100 нм, которые обладают высокой проникающей способностью и могут проходить даже в такие «закрытые» зоны организма, как головной мозг. Малый размер делает их невидимыми для клеток иммунной системы, что позволяет нанокапсулам длительное время циркулировать в кровотоке. Использование нанокапсул исключает наработку аутоантител организмом, что повышает безопасность использования лекарственных препаратов.

Указанный технический результат достигается тем, что в способе получения субстанции рекомбинантного эритропоэтина человека, включающем культивирование в роллерных флаконах штамма клеток яичника китайского хомячка, трансформированного предварительным введением плазмиды, содержащей ген человеческого эритропоэтина, последовательно в ростовой и в накопитель-

ной питательных средах с последующим выделением целевого продукта последовательно методами микрофльтрации и ультрафльтрации.

Указанный технический результат достигается также нанокапсулированной формой рекомбинантного эритропоэтина человека, включающей полиэлектrolит, в качестве которого выбран альгинат натрия, стабилизатор – сахарозу, отвердитель – желатозу, жидкую субстанцию рекомбинантного эритропоэтина человека (ЭПО) и мочевины.

На основании выбранного способа получения рекомбинантного препарата человеческого эритропоэтина была разработана технологическая схема производства. Технологическая схема включает вспомогательные стадии: получение ростового и накопительного питательного субстратов; получение штамма клеток CHO<sub>R</sub>E; подготовка стерильного воздуха, помещения и оборудования; приготовления растворов и смесей. Основной технологический процесс состоит из двух стадий: получение жидкой субстанции рчЭПО и получение нанокапсулированной формы.

Проведенные расчеты продуктового баланса производства эритропоэтина при культивировании клеток CHO<sub>R</sub>E на ростовом и накопительном субстратах позволили определить выход целевого продукта, который составил 11,4 кг с активностью 500МЕ.

Создание рекомбинантного препарата человеческого эритропоэтина в нанокапсулированной форме открывает новые возможности для использования данного гормона, а также упрощает процессы его очистки от сопутствующих при культивировании веществ и повышает степень его чистоты.

### **Список литературы:**

1. Басарева О.И., Джанчатова Н.В. Конкуренция на российском фармацевтическом рынке // Фармакология сердца: сб. тр. Всерос. науч.-практ. 733 конф. / Курск. гос. мед. ун-т ; редкол.: В.А. Лазаренко [и др.]. Курск, 2017. С. 29-33.
2. Патент РФ № 2518329, МПК C07K14/505, опубл. 10.06.2014 г.
3. Препараты рекомбинантных эритропоэтинов и их характеристика / Меркулов В.А. и др. // БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение. 2013. № 3(47). С. 4-11.



где  $a_{ik}$  – известные коэффициенты,  $b_i$  – свободные члены и  $x_k$  – неизвестные из поля  $F$ .

Совокупность численных значений величин  $\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots$  называется решением системы (1), если после подстановки этих значений в левую часть равенств (1), мы получим сходящиеся ряды, и все эти равенства будут удовлетворены, в противном случае система не имеет решений.

В случае разрешимости бесконечная система называется *совместной*, в противном случае – *несовместной*.

Под бесконечной матрицей  $A$  понимаем таблицу коэффициентов бесконечной системы (1):

$$A = (a_{ij}) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & \dots \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}, \quad (2)$$

которая называется матрицей системы (1). Кроме того, рассматривается расширенная матрица  $\bar{A}$ :

$$\bar{A} = \begin{pmatrix} b_1 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} & \dots \\ b_2 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_n & a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Выделив элементы, содержащиеся в первых  $n$  столбцах и первых  $n$  строках матрицы  $\bar{A}$ , образуем из них определитель  $n$ -го порядка  $|A_n|$ . Его называют *главным определителем  $n$ -го порядка*, порождаемого матрицей  $\bar{A}$ .

Если при неограниченном возрастании порядка  $n$  главного определителя  $|A_n|$  матрицы  $\bar{A}$  его значение стремится к определённому пределу  $|A|$ , то существует бесконечный определитель, образуемый матрицей  $\bar{A}$ , и что  $|A|$  есть значение этого определителя.

Пусть вместо бесконечной системы (1) задана общая конечная система  $m$  линейных алгебраических уравнений с  $n$  неизвестными, тогда основная матрица  $A$  будет размера  $n$  на  $m$ , а расширенная прямоугольная матрица  $|\bar{A}|$  с размерами  $n + 1$  на  $m$ .

Приведём теорему Кронекера-Капелли для конечных систем в расширенном варианте в терминах ранга матрицы.

**Теорема 1 (Кронекера-Капелли).** Для того, чтобы конечная система уравнений имела решение, необходимо и достаточно, чтобы ранг расширенной матрицы был равен рангу основной матрицы этой системы. Если ранги основной и расширенной матриц совпадают с числом неизвестных, то система имеет единственное решение. Если ранг  $r$  основной и расширенной матриц меньше числа  $n$  неизвестных, то конечная система имеет более одного решения. Размерность подпространства решений однородной конечной системы линейных уравнений с  $n$  неизвестными равна  $d = n - r$ , где  $r$  — ранг матрицы,  $d = n - r$  — декремент основной матрицы системы.

Из бесконечной матрицы  $A$  выделим  $k$  строк и  $k$  столбцов соответственно с номерами  $i_1, i_2, \dots, i_k$  и  $j_1, j_2, \dots, j_k$ . Из элементов, стоящих на пересечении этих строк и столбцов, не меняя их порядка, составим определитель. Это определитель  $k$ -го порядка, порождаемый исходной матрицей, т. е. является минором  $k$ -го порядка бесконечного определителя  $|A|$  в случае его существования. Такого рода минор будем обозначать символом  $a_{\substack{i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k}}$ . Элементы  $a_{ij} = a_j^i$  мы можем рассматривать как миноры первого порядка бесконечного определителя  $|A|$ .

Бесконечная матрица  $A$  вида (2) может иметь определенный *ранг*. Именно если из определителей  $k$ -го порядка, порождаемых матрицей, хотя бы один отличен от нуля, а определители  $k+1$ -го порядка все равны нулю, то эта матрица имеет  $k$ -ый ранг. Если эта матрица порождает бесконечный определитель  $|A|$ , то тот же ранг присваивается и определителю  $|A|$ . Таким образом, можно сказать, что бесконечный определитель имеет  $k$ -ый ранг, если среди его миноров  $k$ -го

порядка есть хотя бы один, отличный от нуля, а его миноры  $k+1$ -го порядка все равны нулю.

Совершенно ясно, что в определителе  $k$ -го ранга всякий минор, порядок которого выше  $k$ -го, равен нулю.

**Теорема 2.** Если бесконечная матрица  $A$  вида (2) имеет  $k$ -ый ранг, то существует порожденный ею бесконечный определитель, и значение его равно нулю.

**Доказательство.** При  $n > k$  все главные определители  $|A_n|$  равны нулю, а потому и  $\lim_{n \rightarrow \infty} |A_n| = 0$ .

Теорему 2 можно переписать следующим образом:

**Теорема 2'.** Всякий бесконечный определитель конечного ранга равен нулю.

Отсюда следует, что бесконечный определитель, имеющий значение, отличное от нуля, не имеет конечного ранга. Этому выводу, который легко получить непосредственно, можно дать следующую формулировку.

**Теорема 3.** Если бесконечный определитель имеет значение, отличное от нуля, то среди его миноров  $k$ -го порядка есть хотя бы один, отличный от нуля, каково бы ни было целое число  $k$ .

Таким образом, бесконечная матрица в основном не имеет конечного ранга, она может иметь конечный ранг только тогда, когда её определитель равен нулю, и то не всегда. Следовательно, использование понятия ранга матрицы для получения результатов, подобных теореме Кронекера-Капелли для бесконечных систем, теряет смысл. Поэтому как и в теореме 1' необходимо ввести другое понятие – понятие декремента бесконечной матрицы.

Понятие декремента минора бесконечного определителя  $|A|$  и понятие декремента самого определителя  $|A|$  (или матрицы  $A$ ) – это разные понятия.

В матрице бесконечного определителя  $|A|$  опустим столбцы с номерами  $i_1, i_2, \dots, i_k$  и строки с номерами  $j_1, j_2, \dots, j_k$ . Остающаяся бесконечная матрица может дать бесконечный определитель, а может его и не дать.

Если матрица, которая получается из матрицы бесконечного определителя  $|A|$  путем устранения столбцов  $i_1, i_2, \dots, i_k$  и строк  $j_1, j_2, \dots, j_k$ , порождает бесконечный определитель, то последний называется бесконечным минором определителя  $|A|$ , а число  $k$  называется **декрементом** этого минора. Этот минор обозначается через  $\begin{bmatrix} A & i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{bmatrix}$ . Произведение этого минора на  $(-1)^{\sigma+r}$ , где  $\sigma = i_1 + i_2 + \dots + i_k$ ,  $r = j_1 + j_2 + \dots + j_k$  называется **алгебраическим дополнением** минора  $k$ -го порядка  $a \begin{matrix} i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{matrix}$  и обозначается че-

рез  $A \begin{matrix} i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{matrix}$ , так что

$$\begin{bmatrix} A & i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{bmatrix} = (-1)^{i_1+i_2+\dots+i_k+j_1+j_2+\dots+j_k} \begin{bmatrix} A & i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{bmatrix} \quad (4)$$

#### О минорах бесконечного определителя

Пусть  $\Delta_n$  есть главный определитель  $n$ -го порядка бесконечного определителя  $\Delta$ . Если составим минор  $k$ -го порядка определителя  $\Delta_n$ , взяв для этого  $i_1, i_2, \dots, i_k$  столбцов и  $j_1, j_2, \dots, j_k$  строк, то он совпадет с минором  $a \begin{matrix} i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{matrix}$  определителя  $\Delta_n$ . Но их алгебраические дополнения будут различны: в определителе  $\Delta_n$  это алгебраическое дополнение представляет собой определитель  $n - k$ -го порядка, в определителе  $\Delta$  это алгебраическое дополнение может и вовсе не существовать, а если оно существует, то представляет собой бесконечный определитель. Алгебраическое дополнение минора  $a \begin{matrix} i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{matrix}$  в определителе  $\Delta_n$  обозначим через  $(\Delta_n) \begin{matrix} i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{matrix}$

**Теорема 4.** Если в бесконечном определителе  $\Delta$  существует алгебраическое дополнение минора  $a \begin{matrix} i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{matrix}$ , то оно представляет собой предел, к которому стремится алгебраическое дополнение того же минора в определителе  $\Delta_n$ , когда  $n$  неограниченно возрастает, т. е.

$$a \begin{matrix} i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{matrix} = \lim_{n \rightarrow \infty} (\Delta_n) \begin{matrix} i_1, i_2, \dots, i_k \\ j_1, j_2, \dots, j_k \end{matrix}$$

**Теорема 5.** Если в бесконечном определителе  $\Delta$  все элементы столбцов  $i_1, i_2, \dots, i_k$  равны нулю, кроме тех, которые принадлежат минору  $k$ -го порядка  $a \begin{matrix} i_1, i_2, & \dots & i_k \\ j_1, j_2, & \dots & j_k \end{matrix}$  (или если равны нулю все элементы строк  $j_1, j_2, \dots, j_k$ , кроме тех, которые принадлежат тому же минору), а сам минор  $a \begin{matrix} i_1, i_2, & \dots & i_k \\ j_1, j_2, & \dots & j_k \end{matrix}$  отличен от нуля, то существует дополнительный минор  $\begin{bmatrix} \Delta & i_1, i_2, & \dots & i_k \\ j_1, j_2, & \dots & j_k \end{bmatrix}$  и  $\Delta = a \begin{matrix} i_1, i_2, & \dots & i_k \\ j_1, j_2, & \dots & j_k \end{matrix} \Delta \begin{matrix} i_1, i_2, & \dots & i_k \\ j_1, j_2, & \dots & j_k \end{matrix}$ .

**Теорема 6.** Если в бесконечном определителе  $\Delta$  существует алгебраическое дополнение  $A \begin{matrix} i_1, i_2, & \dots & i_k \\ j_1, j_2, & \dots & j_k \end{matrix}$  минора  $k$ -го порядка  $a \begin{matrix} i_1, i_2, & \dots & i_k \\ j_1, j_2, & \dots & j_k \end{matrix}$  то оно равно значению, которое примет определитель  $\Delta$ , если в нем в столбцах  $j_1, j_2, \dots, j_k$  (или в строках  $j_1, j_2, \dots, j_k$  заменить нулями все

элементы, кроме тех, которые занимают диагональные места в миноре  $a \begin{matrix} i_1, i_2, & \dots & i_k \\ j_1, j_2, & \dots & j_k \end{matrix}$  а диагональные элементы этого минора заменить единицами).

Пусть матрица  $A$  системы (1) имеет декремент, равный нулю, т. е. матрица (2) порождает бесконечный определитель, отличный от нуля. Следовательно, на основании теорем 2 и 2' матрица (2) имеет бесконечный ранг. Тогда справедливо преобразование Гаусса:  $A=BC$ , где  $B$  – треугольная,  $C$  – гауссова матрицы [15]. Таким образом, вместо общей системы (1) мы можем рассмотреть бесконечную гауссову систему:

$$\sum_{p=0}^{\infty} c_{j,j+p} x_{j+p} = \bar{b}_j, j = 1, 2, \dots, \quad (5)$$

где  $c_{j,j+p}$  – коэффициенты соответствующей гауссовой матрицы  $C$ ,  $\bar{b}_j$  – вектор-столбец матрицы  $B^{-1}b$ ,  $b$  – вектор-столбец свободных членов системы (1),  $B^{-1}$  – обратная матрица треугольной матрицы  $B$ . Частное решение системы (5), которое можно получить методом редукции в узком смысле [1-2] (методом простой редукции), названо *строго частным решением системы* (5) [3-4]. Оказалось, что строго частное решение играет огромную роль в теории бесконеч-

ных систем линейных алгебраических уравнений, в частности, получена основная теорема [3-4]:

**Теорема 7.** Неоднородная гауссова система (5) совместна тогда и только тогда, когда существует ее строго частное решение.

**Теорема 8.** Пусть бесконечная неоднородная система (1) является совместной, кроме того, декремент основной матрицы  $A$  равен нулю. Тогда неоднородная система (1) имеет строго частное решение, которое имеет вид:

$$x_j = \sum_{p=0}^{\infty} (-1)^p \frac{C_p(j) \bar{b}_{j+p}}{c_{j+p,j+p}} = \frac{|C^{(j)}|}{|C|}, j = 1, 2, \dots, \quad (6)$$

где  $C_p(j)$  – определители порядка  $p$ , рекуррентно определяемые соотношением:

$$C_p(j) = \sum_{k=0}^{p-1} (-1)^{p-1-k} \frac{c_{j+k,j+p}}{c_{j+k,j+k}} C_k(j), C_0(j) = 1. \quad (7)$$

Здесь  $|C^{(j)}|$  – определитель гауссовой матрицы  $C$ , в которой  $j$  – й столбец заменён столбцом свободных членов  $\bar{b}_k$  системы (5).

**Теорема 9.** Пусть выполняются условия теоремы 8. Тогда справедливы соотношения:

$$|A| = |C|, |A^{(j)}| = |C^j| \quad (8)$$

где  $|A^{(j)}|$  – определитель матрицы  $A$  общей системы (1), в которой  $j$ -й столбец заменен столбцом свободных членов  $b_k$  системы (1),  $|C^j|$  – определитель гауссовой матрицы  $C$ , в которой  $j$ -й столбец заменен столбцом свободных членов  $\bar{b}_k$  системы (5), т. е. столбцом матрицы  $B^{-1}b$ ,  $b$  – вектор-столбец свободных членов системы (1).

**Теорема 10.** Пусть выполняются условия теоремы (8). Тогда неоднородная система (1) имеет единственное частное решение, которое определяется формулой Крамера – это строго частное решение системы (1):

$$|A^{(j)}| = |C| \sum_{p=0}^{\infty} (-1)^p \frac{c_p(j) \bar{b}_{j+p}}{c_{j+p, j+p}} = \frac{|C^{(j)}|}{|C|}, j = 1, 2, \dots, \quad (9)$$

где  $|A^{(j)}|$  – определитель  $|A|$ , в котором  $j$ -й столбец заменен столбцом свободных членов системы (1).

**Лемма.** Необходимым условием существования решения неоднородной бесконечной системы (1) является выполнение для матриц  $A$  и  $\bar{A}$  системы (1) следующих условий:

1) существуют бесконечные определители  $|A|$  и  $\bar{A}$ , порождаемые соответственно матрицей  $A$  и расширенной матрицей  $\bar{A}$ ;

2) существуют бесконечные миноры  $\begin{bmatrix} A & i_1, i_2, & \dots & i_k \\ & j_1, j_2, & \dots & j_k \end{bmatrix}$  и  $\begin{bmatrix} \bar{A} & i_1, i_2, & \dots & i_k \\ & j_1, j_2, & \dots & j_k \end{bmatrix}$  соответственно определителей  $|A|, \bar{A}$ ;

3) над матрицами  $A$  и  $\bar{A}$  осуществляются только допустимые действия.

**Теорема 11.** Тривиальное решение однородной гауссовой системы (5) является ее строго частным решением.

**Теорема 12.** Пусть декремент матрицы  $A$  равен нулю и если этот декремент повышается с присоединением столбца свободных членов неоднородной системы (1), то бесконечная система (1) несовместна.

**Теорема 13.** Пусть декремент матрицы  $A$  системы (1) равен нулю. Если в выражении (6) ряд не сходится при некотором  $j = j_0$ , тогда система (5) несовместна.

### Список литературы:

1. Мальцев А. И. Основы линейной алгебры. – М.: Наука, 1970.
2. Мальцев И. А. Линейная алгебра. – Новосибирск: Изд. ИМ, 2001.
3. Федоров Ф. М. Периодические бесконечные системы линейных алгебраических уравнений. – Новосибирск: Наука, 2009.
4. Федоров Ф. М. Бесконечные системы линейных алгебраических уравнений и их приложения. – Новосибирск: Наука, 2011.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВИДЕНИЯ МЕТОДОМ ФУРЬЕ АНАЛИЗА

**Давыдова Анастасия Игоревна**

*магистрант, Томский государственный университет,  
РФ, г. Томск*

**Гендрина Ирина Юрьевна**

*научный руководитель, канд. физ.-мат. наук, доцент,  
Томский государственный университет,  
РФ, г. Томск*

На сегодняшний день обработка и анализ данных становятся всё более значимыми во многих областях. При решении климатических задач встаёт необходимость определения тенденций изменения различных характеристик. Главным средством анализа реальных физических процессов служит гармонический анализ, в частности, анализ Фурье [2],[3].

Будем рассматривать сигнал как модель описания физического процесса, способную передавать информацию и описанную математически с помощью функций определенного типа или полученную в результате натуральных, лабораторных или численных экспериментов.

В теории излучения активно используют понятия система и линейная система. Под системой видения понимается система наблюдения, включающая в себя подстилающую поверхность, рассеивающую и поглощающую среду, и оптическое устройство, осуществляющее регистрацию приходящего излучения.

Для анализа данной системы был использован приём исследования системных характеристик, а именно функции размытия точки. Эта характеристика представляет собой отклик линейной системы на  $\delta$ -импульс, по которому можно судить о свойствах рассматриваемой системы, то есть фактически о свойствах атмосферы. Если нет искажений, то есть атмосфера абсолютно чистая, а приёмник идеальный, то в этом случае изображением точечного источника на любой рассматриваемой высоте будет представлять собой точечный источник (точку). В случае, когда атмосфера замутнена  $\delta$ -импульс размывается, таким образом вместо точки будет видно пятно. В связи с этим, чем мутнее

атмосфера, тем шире становится размытие. Физически функция размытия точки является решением уравнения переноса, не имеющего точного решения [1].

Исследование системы видения было проведено на основании анализа функции размытия точки, поскольку с её использованием можно получить изображение произвольного объекта, что и являлось конечной целью.

### **Исходные данные**

Численные данные, используемые в данном эксперименте с целью проведения над ними гармонического анализа, представляли собой результаты расчетов функций размытия точки систем видения через атмосферу методом Монте-Карло для различных условий наблюдения. Длина волны – 0,55 мкм, безоблачная атмосфера, модель Жаклин Ленобль. Наблюдение вертикально вниз.

Приведем краткое описание условий наблюдения:

1) Ламбертовский точечный источник, приземный слой соответствует модели Ленобль, в следующем слое коэффициент ослабления 0.1 обратных километров.

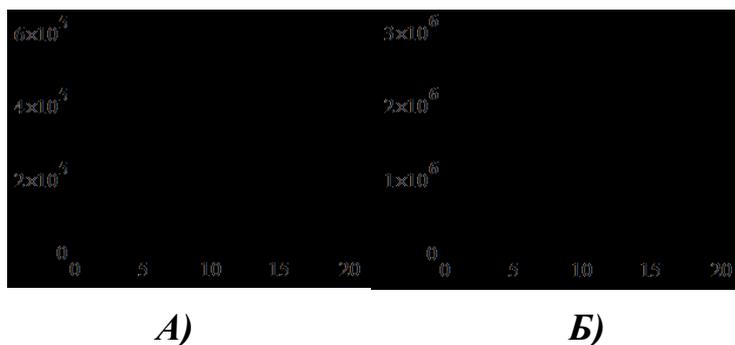
2) Ламбертовский точечный источник, приземный слой соответствует модели Ленобль, в следующем слое коэффициент ослабления 0.15 обратных километров.

В приведённых ниже рисунках 1-5 условия наблюдения для функции размытия точек 1) - 2) соответствуют графикам А) - Б).

### **Результаты моделирования**

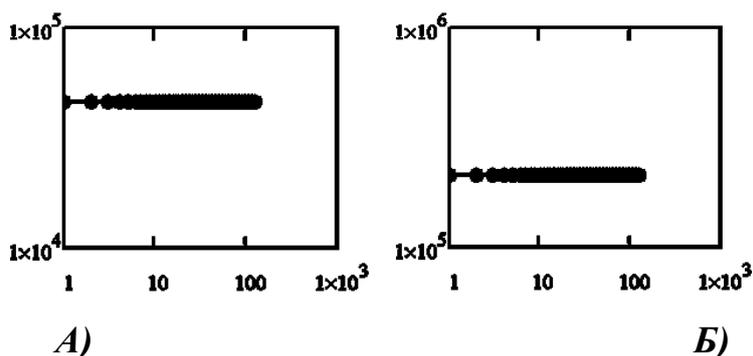
Была проведена серия экспериментов, выполнены обработка и анализ результатов статистических экспериментов, направленных на установление закономерностей трансформации излучения в системах видения.

В качестве исходных данных программе подавались функции размытия точки  $h(t)$  (яркость), графики которой представлены на рисунке 1.



**Рисунок 1** функция размытия (яркость)  $h(t)$ , соответствующая условиям наблюдения 1) - 2)

В соответствии с прозрачностью атмосферы функция размытия точки не значительно отличается от  $\delta$ -функции, однако отличие всё же есть. Спектрограмма (Фурье образ) рассматриваемой функции  $h(t)$  представляет собой полосу, также как и для  $\delta$ -функции (Рисунок 2). То есть атмосфера не замутнена, поэтому все частоты передаются приблизительно одинаково.

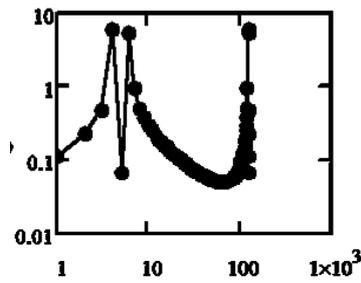


**Рисунок 2.** Спектрограмма функции  $h(t)$ , соответствующая условиям наблюдения 1) - 2)

Произвольный объект на поверхности земли был представлен в виде комбинации синусов (Рисунок 2) и имел следующий вид:

$$s(t) = \sin(2 \cdot t) + \sin(3 \cdot t).$$

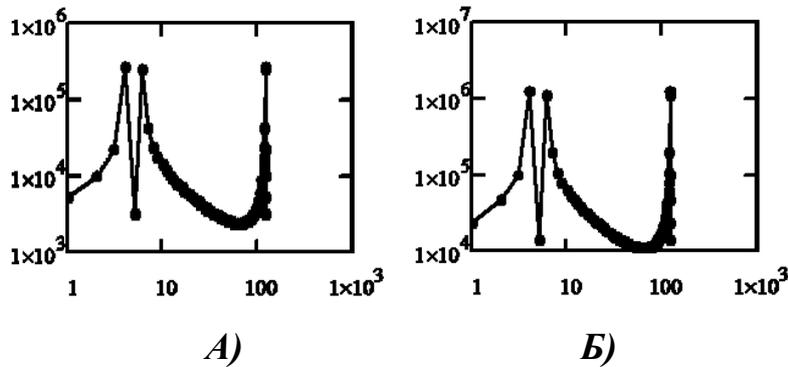
Стояла задача выяснить, как данный объект будет виден через атмосферу. Для этого над функцией размытия точки  $h(t)$  и над объектом  $s(t)$  был проведён алгоритм прямого преобразования Фурье  $H(\omega)$  (Рисунок 2) и  $S(\omega)$  (Рисунок 3) соответственно.



**Рисунок 3. Спектрограмма функции  $s(t)$**

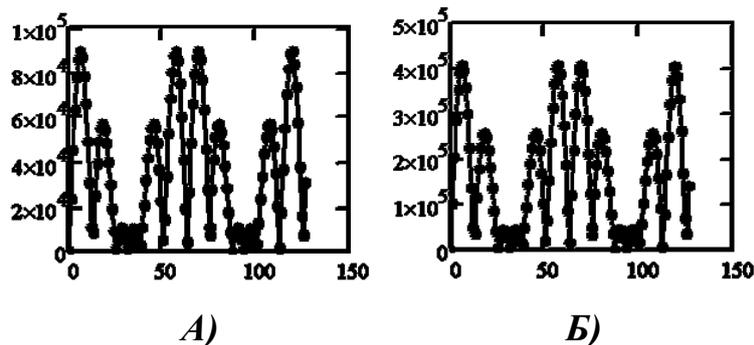
Далее была выполнена свёртка полученных результатов в частотной области, результат которой представлен на рисунке 4.

$$G(\omega) = H(\omega) * S(\omega).$$



**Рисунок 4. свёртка  $G(\omega)$ , соответствующая условиям наблюдения 1) - 2)**

С использованием обратного преобразования Фурье было восстановлено изображение объекта на верхней границе атмосферы (Рисунок 5).



**Рисунок 5. Изображение объекта  $s(t)$  на верхней границе атмосферы, соответствующее условиям наблюдения 1) - 2)**

В заключение хочется отметить, что существует немало методов и моделей, используемых при обработке сигналов. В данной работе показано приме-

нение преобразования Фурье для обработки данных, полученных в результате имитационного моделирования (а именно метода Монте-Карло, считающегося универсальным способом решения задач оптики атмосферы), с целью проведения исследования характеристик систем видения через атмосферу. В результате выполненного анализа Фурье были получены изображения объектов, расположенных на верхней границе атмосферы при различных условиях наблюдений.

### **Список литературы:**

1. Гендрина И.Ю. Статистический анализ результатов моделирования переноса излучения в облачной атмосфере / М.А. Алексеенко, И.Ю. Гендрина // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ-2017): Материалы XVI Международной конференции имени А. Ф. Терпугова. – Томск: Изд-во НТЛ, 2017. – Ч. 2. – С. 242–245.
2. Коган Е.А. Ряды Фурье и дифференциальные уравнения математической физики: учебное пособие / Е.А. Коган, Е.А. Лопаницын // – М.: МАМИ, 2012. – 137 с.
3. Латыпова Н.В. Ряды Фурье: учеб.-метод. пособие / Н.В. Латыпова, Л.И. Тучинский. – Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2011. – 80 с.

*ДЛЯ ЗАМЕТОК*

**ТЕХНИЧЕСКИЕ  
И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ.  
СТУДЕНЧЕСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ**

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

№ 10 (21)  
Октябрь 2019 г.

В авторской редакции

Издательство «МЦНО»  
123098, г. Москва, ул. Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74  
E-mail: [mail@nauchforum.ru](mailto:mail@nauchforum.ru)

16+

