

МОЛОДОЙ

$f(X_n, Y_n) \rightarrow f(X, c)$  ISSN 2072-0297

# УЧЁНЫЙ

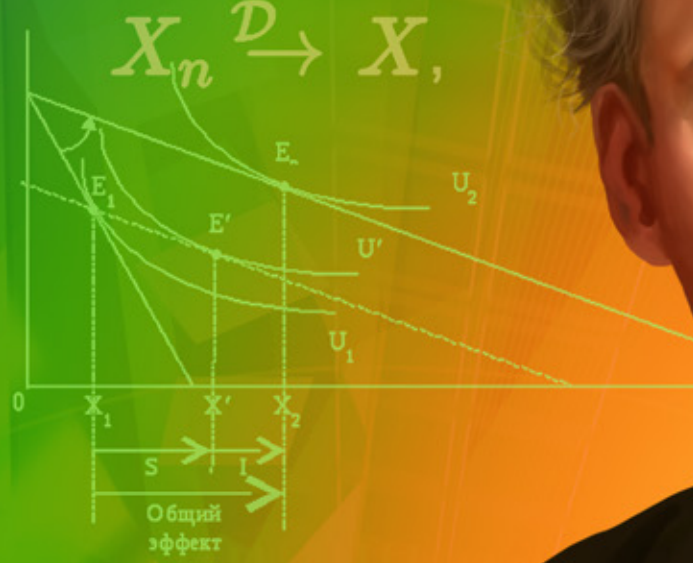
международный научный журнал

$$s_{ij} = \frac{\partial x_j(p, I)}{\partial p_j} = \frac{\partial x_j(p, I)}{\partial p_j} + x_j(p, I) \cdot \frac{\partial I}{\partial I}$$



Другие товары

$$X_n \xrightarrow{D} X$$



Эффекты дохода и замещения товара (подход Слуцкого).



Эффект Хикса  
Эффект Слуцкого

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T R_x(u) du = 0$$

*В. Слуцкий*

$$\frac{\partial x_i(p, \bar{u})}{\partial p_j} = \frac{\partial x_i(p, \bar{u})}{\partial p_j} + x_j(p, \bar{u}) \cdot \frac{\partial p_j}{\partial p_j} = \frac{\partial x_i(p, \bar{u})}{\partial p_j} + x_j(p, \bar{u}) \cdot \frac{\partial I}{\partial I}$$

**13**  
2016  
Часть II

16+

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 13 (117) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:** Ахметов Ильдар Геннадьевич, кандидат технических наук

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

Абдрасилов Турганбай Курманбаевич, доктор философии (PhD) по философским наукам

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хуснидин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

Калдыбай Кайнар Калдыбайулы, доктор философии (PhD) по философским наукам

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

На обложке изображен Евгений Евгеньевич Слуцкий (1880–1948) — выдающийся российский и советский математик, статистик и экономист.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.**

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

#### **Международный редакционный совет:**

Айрян Заруи Геворковна, *кандидат филологических наук, доцент (Армения)*

Арошидзе Паата Леонидович, *доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)*

Атаев Загир Вагитович, *кандидат географических наук, профессор (Россия)*

Ахмеденов Кажмурат Максutowич, *кандидат географических наук, ассоциированный профессор (Казахстан)*

Бидова Бэла Бертовна, *доктор юридических наук, доцент (Россия)*

Борисов Вячеслав Викторович, *доктор педагогических наук, профессор (Украина)*

Велковска Гена Цветкова, *доктор экономических наук, доцент (Болгария)*

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

Данилов Александр Максимович, *доктор технических наук, профессор (Россия)*

Демидов Алексей Александрович, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, *доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)*

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, *доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)*

Жолдошев Сапарбай Тезекбаевич, *доктор медицинских наук, профессор (Кыргызстан)*

Игисинов Нурбек Сагинбекович, *доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)*

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмурадович, *кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)*

Кайгородов Иван Борисович, *кандидат физико-математических наук (Бразилия)*

Каленский Александр Васильевич, *доктор физико-математических наук, профессор (Россия)*

Козырева Ольга Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Россия)*

Колпак Евгений Петрович, *доктор физико-математических наук, профессор (Россия)*

Куташов Вячеслав Анатольевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Лю Цзюань, *доктор филологических наук, профессор (Китай)*

Малес Людмила Владимировна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*

Нагервадзе Марина Алиевна, *доктор биологических наук, профессор (Грузия)*

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, *кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)*

Прокопьев Николай Яковлевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Прокофьева Марина Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)*

Рахматуллин Рафаэль Юсупович, *доктор философских наук, профессор (Россия)*

Ребезов Максим Борисович, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)*

Сорока Юлия Георгиевна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*

Узаков Гулом Норбоевич, *доктор технических наук, доцент (Узбекистан)*

Хоналиев Назарали Хоналиевич, *доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)*

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

Шарипов Аскар Калиевич, *доктор экономических наук, доцент (Казахстан)*

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Галина Анатольевна

**Ответственные редакторы:** Осянина Екатерина Игоревна, Вейса Людмила Николаевна

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

**Верстка:** Бурьянов Павел Яковлевич, Голубцов Максим Владимирович, Майер Ольга Вячеславовна

Почтовый адрес редакции: 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

Фактический адрес редакции: 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: info@moluch.ru; http://www.moluch.ru/.

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 1.08.2016. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.



## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

#### **Абидов К. Г., Кодирова Д. Р.**

К расчёту переходных процессов в линейных электрических цепях с помощью графов переменных состояния ..... 127

#### **Абрамов В. В., Бухтояров Л. Д., Троянов И. Н., Калинин П. М.**

Выбор схемы разработки лесосеки с учетом сохраняемости подроста ..... 134

#### **Алферьев А. В.**

Структурные особенности программируемой платы Digilent Nexys 2..... 138

#### **Антипов М. Ю.**

Расчет нелинейностей аналого-цифрового преобразователя..... 144

#### **Бруданов А. М.**

Проектирование гидросистемы подъемного механизма на УАЗ Патриот для снятия-установки колёс и вездеходных гусеничных устройств ... 148

#### **Бухтояров Л. Д., Абрамов В. В., Троянов И. Н., Калинин П. М.**

Обоснование оптимального комплекта машин для рубок ухода за лесом ..... 150

#### **Гаппаров Б. Н., Каримов И. Р., Очилова А. А.**

Теоретические основы проектирования мостовых сооружений с учётом землетрясений ..... 154

#### **Гаппаров Б. Н., Каримов И. Р., Очилова А. А.**

Совершенствование конструкции колодочного тормоза грузоподъемных сооружений с учётом условия и законов статики ..... 155

#### **Давранов Г. Т., Ирмухамедова Л. Х.**

Основные факторы, влияющие на процесс заилиения малых и средних русловых водохранилищ ..... 159

#### **Емельянова А. А.**

Использование ультразвуковых волн для измерения расстояния до объектов..... 161

#### **Иванков Д. И., Гритчин Р. Д., Тюрин А. Н.**

Анализ работы циклонов для пылеулавливания ..... 165

#### **Иванов В. В., Мурзич Е. А.**

О применимости системы лесосечных машин на базе харвардера в условиях УУОЛ УГЛТУ ... 168

#### **Колотов М. Е., Смирнова Т. А.**

Синтез LQR-регуляторов для управления квадрокоптером и их сравнительный анализ на основе имитационного моделирования при помощи пакета прикладных программ MATLAB & Simulink ..... 172

#### **Коробов М. И., Сумкин К. С.**

Идентификация и аутентификация пользователей для автоматизированных систем высших учебных заведений..... 177

#### **Мадаминов Д. К.**

Материальный расчёт и подбор оборудования для производства бифидумбактерина ..... 181

#### **Машарипов О. М., Юсупов Т. А., Насурлаев И. Р.**

Теоретические предпосылки для оценки показателей надежности устройства передачи сигналов с использованием программируемых логических интегральных схем в составе волоконно-оптических систем связи..... 184

#### **Муродов О. Ж., Бобокулов Ф. Б., Шодиев Г. Ш.**

Экспериментальное определение нагруженности механизма перемещения материала с упругими связями швейной машины ..... 187

#### **Муродов О. Ж., Бобокулов Ф. Б.**

Кинематический анализ замкнутого рычажно-шарнирного механизма перемещения материала швейной машины..... 190

<b>Набиев Э. С., Раджабов М. Р.</b> Прогнозирование постоянных деформаций сооружений.....	192	<b>Смаглий Г. Д.</b> Предсказание уходов пользователей сервиса с помощью машинного обучения .....	213
<b>Папакин И. Н., Дюсенов Е. Е.</b> Технологический процесс возведения земляного полотна и разработка грунта в карьере в зимнее время .....	194	<b>Стасенко Н. В.</b> Разработка архитектуры стенда для проведения диагностики и аттестации логического анализатора .....	215
<b>Погребной А. А., Никитин Д. М., Мороз Ф. В., Мальцев А. Н., Побережный И. А., Свиридов А. Н.</b> Измерение диаграммы направленности двухзеркальной антенны Кассегрена и расчет коэффициента усиления исследуемой антенны по измеренной диаграмме направленности ...	196	<b>Сурков В. О.</b> Анализ методов контроля целостности спутниковых радионавигационных систем в навигационных системах подвижных наземных объектов.....	219
<b>Поезжаева Е. В., Коняев И. В.</b> Робот Blue Frog Buddy.....	200	<b>Сурков В. О.</b> Принципы построения системы контроля состояния датчиков в навигационных системах подвижных наземных объектов.....	221
<b>Размарица Д. С.</b> Световые характеристики дорожной разметки как один из методов нестандартных технических средств организации дорожного движения ...	202	<b>Сурков В. О.</b> Снижение влияния условий функционирования на работу навигационной системы подвижного наземного объекта .....	222
<b>Расторгуев Д. А., Зотов А. В.</b> Повышение усталостной выносливости вибрирующих элементов инструментальной головки .....	204	<b>Сухочев Д. А.</b> Логическое проектирование 8-канального коммутатора .....	223
<b>Рахмонкулов М. Т., Салохиддинов Ф. А.</b> Получение антикоррозионных материалов на основе местного сырья для нефтетранспортирующих трубопроводов .....	207	<b>Тимофеев А. С., Умысков А. В., Смоленков А. В., Блиялкин П. А.</b> Алгоритм формирования пакетов данных для передачи по радиоканалу с использованием модифицированного байтстаффинга .....	227
<b>Седукин С. О.</b> Уменьшения потерь народного хозяйства путем повышения безопасности дорожного движения.....	210	<b>Умысков А. В., Тимофеев А. С.</b> Рекомендации по внедрению систем предотвращения утечек конфиденциальной информации (DLP-систем) в информационные системы предприятий .....	231



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### К расчёту переходных процессов в линейных электрических цепях с помощью графов переменных состояния

Абидов Кудрат Гайратович, кандидат технических наук, доцент;

Кодирова Диловар Рахимжановна, кандидат технических наук, доцент  
Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан)

*Статья посвящена расчету переходных процессов в линейных электрических цепях методом пространства параметров состояния, в котором матрица перехода цепи и сами переходные кривые определяются оптимальным в вычислительном плане способом: по виду графов переменных состояния. Показано, что при расчёте цепей высокого порядка, рекомендуется для цепей не выше третьего порядка. Если электрическая цепь описывается системой уравнений более высокого порядка, то определение матрицы перехода становится громоздким, и только для некоторых частных случаев задача решается сравнительно просто. Сигнальные графы являются эффективным средством, дающим возможность осуществления логичной последовательности действий при решении совместных линейных уравнений, описывающих состояние электрической цепи.*

**Ключевые слова:** *переходной процесс, электрические цепи, метод пространства параметров, матрица перехода, граф переменных состояний, алгоритм расчета, закон коммутации, дифференциальное уравнение, сосредоточенные параметры, установившийся режим, линейные элементы*

### Calculation of variable processes in linear electric chains by means of counts of variables of the condition

K. G. Abidov  
D. R. Kadyrova,  
(TSTU)

*Article is devoted calculation of transients in linear electric chains by a method of space of parameters of a condition in which the matrix of transition of a chain and transitive curves are defined by optimum way in the computing plan: by the form counts of variables of a condition. It is shown, that at calculation of chains of a high order, it is recommended for chains not above the third order. If the electric chain is described by system of the equations of higher order definition of a matrix of transition becomes bulky, and only for some special cases the problem dares rather simply. Signal counts are an effective remedy, giving the chance realization of logical sequence of actions at the decision of the joint linear equations describing a condition of an electric chain. The method of counts of variables of a condition is a strict and exact method of calculation of transients in linear electric chains with the concentrated parameters.*

Алгоритм расчёта переходных процессов в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами R, L, C методом пространства параметров состояния, как известно [1], состоит из следующих шагов:

1. По виду докоммутационной схемы с учётом законов коммутации определяются независимые начальные условия цепи:  $i_L(0)$  и  $u_C(0)$ .
2. Для послекоммутационной схемы записываются уравнения по законам Кирхгофа или по методу контурных токов.

3. Выбираются: а) переменные состояния цепи, в качестве которых оптимально брать токи в индуктивностях и напряжения на ёмкостях, определяющих общий порядок системы дифференциальных уравнений цепи; б) переменные управления или входа, ими могут служить э. д.с. и токи источников питания; в) переменные выхода, за которые можно принять токи в активных сопротивлениях и ёмкостях, напряжения на активных сопротивлениях и индуктивностях.

4. Исходные дифференциальные уравнения приводятся к канонической форме записи, т. е. представляются решёнными относительно первых производных переменных состояния по времени и записываются в виде двух основных уравнений метода переменных состояния:

$$\left. \begin{aligned} \dot{\vec{x}} &= \vec{A}\vec{x} + \vec{B}\vec{u}, \\ \vec{y} &= \vec{C}\vec{x} + \vec{D}\vec{u}, \end{aligned} \right\} \tag{1}$$

где  $\vec{x}$  — матрица переменных состояния размером  $1 \times n$  ( $n$ -порядок цепи);

$\vec{u}$  — матрица входа размером  $1 \times m$ ;

$\vec{y}$  — матрица выхода размером  $1 \times k$ ;

$\vec{A}, \vec{B}, \vec{C}, \vec{D}$  — постоянные матрицы соответствующих размеров, элементы которых зависят только от параметров  $R, L, C$  цепи.

5. Рассчитываются общие решения дифференциальных неоднородных матричных уравнений:

$$\vec{x}(t) = \vec{\varphi}(t)\vec{x}(0) + \int_0^t \vec{\varphi}(t - \tau)\vec{B}\vec{u}(\tau)d\tau, \tag{2}$$

$$\vec{y}(t) = \vec{C}\vec{\varphi}(t)\vec{x}(0) + \vec{C} \int_0^t \vec{\varphi}(t - \tau)\vec{B}\vec{u}(\tau)d\tau + \vec{D}\vec{u}(t), \tag{3}$$

где  $\vec{\varphi}(t)$  — матрица перехода размером  $n \times n$ , определение элементов которой и составляет главную трудность при использовании данного алгоритма. Вычисление матрицы можно осуществить, в частности, следующими способами [1,2]:

$$\vec{\varphi}(t) = e^{\vec{A}t}, \tag{4}$$

$$\vec{\varphi}(t) = \sum_{k=0}^{\infty} \vec{A}^k \frac{t^k}{k!}, \tag{5}$$

$$\vec{\varphi}(t) = L^{-1} \left\{ [p\vec{J} - \vec{A}]^{-1} \right\}, \tag{6}$$

$$\vec{\varphi}(t) = \sum_{k=1}^n \vec{\Phi}_k e^{p_k t}, \tag{7}$$

где

$$\vec{\Phi}_k = \frac{\prod_{l \neq k} (\vec{A} - p_l \vec{J})}{\prod_{l \neq k} (p_k - p_l)} \tag{8}$$

Другой возможный способ определения  $\vec{\varphi}(t)$  вытекает из представления уравнений цепи в виде ориентированного графа — графа переменных состояния и вычисления элементов  $\vec{\varphi}(t)$  непосредственно по нему. Кроме наглядности и упрощения процедуры вычисления матрицы перехода здесь достигается также исключение избыточных операций, связанных с неплотностью матриц, т. е. большим количеством нулей в них.

Свободный режим в линейной электрической цепи с постоянными параметрами описывается однородным дифференциальным матричным уравнением

$$\dot{\vec{x}} = \vec{A}\vec{x} \tag{9}$$

Прямое преобразование Лапласа обеих частей этого уравнения и приведение подобных слагаемых этого уравнения приводит к выражению

$$[p\vec{J} - \vec{A}]\vec{X}(p) = \vec{x}(0), \tag{10}$$

откуда получаем формулу расчёта (6) для матрицы перехода  $\vec{\varphi}(t)$ .



Так как любая задача, содержащая линейные соотношения между переменными, может быть сформулирована в виде графа сигналов и решена непосредственно по нему, определить изображения по Лапласу элементов матрицы перехода можно, выполнив некоторые несложные преобразования графа или используя формулу Мэсона для.

Покажем это на конкретном примере.

Пусть для некоторой разветвлённой цепи второго порядка составлены однородные дифференциальные уравнения состояния

$$\left. \begin{aligned} \dot{x}_1 &= x_1 - 2x_2 \\ \dot{x}_2 &= 3x_1 - 4x_2 \end{aligned} \right\}$$

при начальных условиях  $x_1(0)$  и  $x_2(0)$ .

Требуется найти матрицу перехода  $\vec{\varphi}(t)$  цепи.

1. Строим граф цепи, переменных состояния цепи:

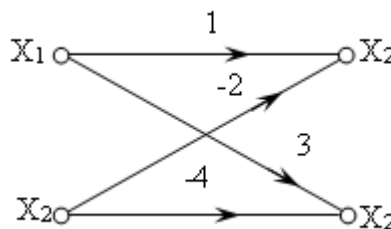


Рис. 1.

Передачами ветвей графа являются элементы основной матрицы цепи  $\vec{A} = \begin{bmatrix} 1 & -2 \\ 3 & -4 \end{bmatrix}$

2. Вычисляем матрицу  $p\vec{J} - \vec{A} = \begin{bmatrix} p-1 & +2 \\ -3 & p+4 \end{bmatrix}$  и строим граф для изображений и начальных значений переменных состояния, изображающий уравнения (10):

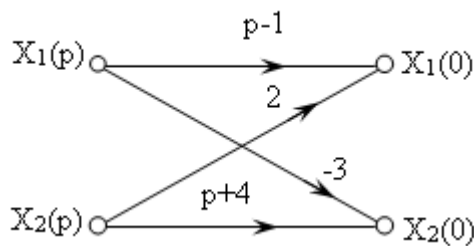


Рис. 2.

3. Выполняем инверсию ветвей с передача p-1 и p+4:

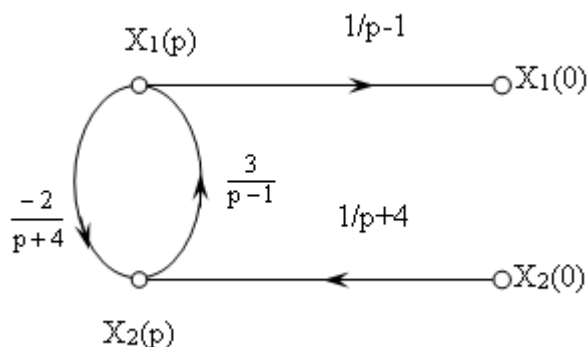


Рис. 3.

4. Исключаем узел  $X_2(p)$  и затем узел  $X_1(p)$ :

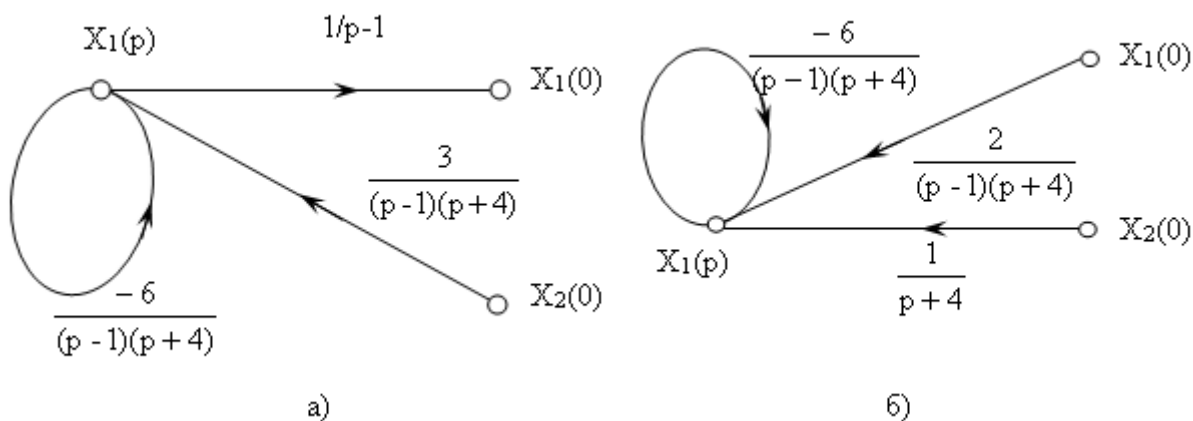


Рис. 4.

5. Исключаем петлю с передачей  $\frac{-6}{(p-1)(p+4)}$  и находим изображения элементов матрицы перехода  $\vec{\varphi}(t)$ :

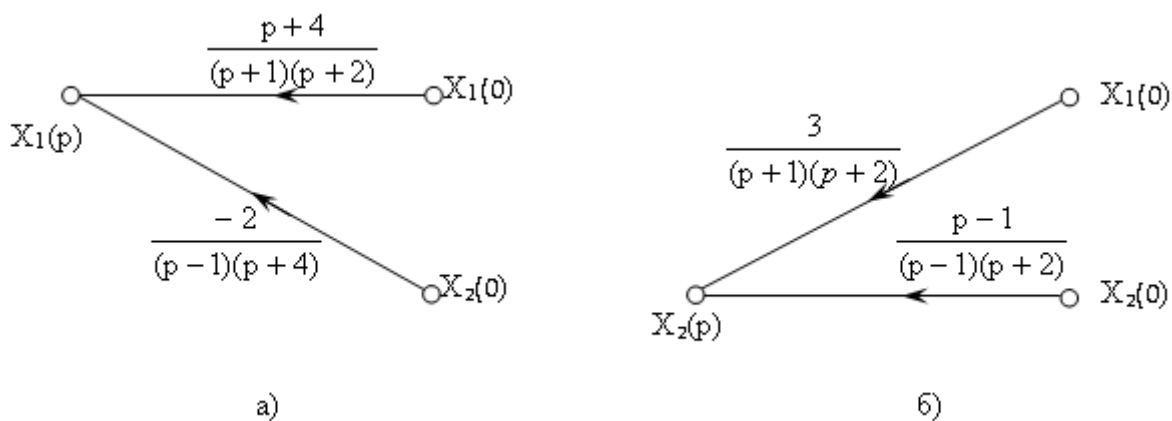


Рис. 5.

6. По виду графов записываем:

$$\begin{aligned}
 x_1(t) &= L^{-1} \left\{ \frac{p+4}{(p+1)(p+2)} \right\} x_1(0) + L^{-1} \left\{ \frac{-2}{(p+1)(p+2)} \right\} x_2(0) = \\
 &= (3e^{-t} - 2e^{-2t})x_1(0) + (-2e^{-t} + 2e^{2t})x_2(0). \\
 x_2(t) &= L^{-1} \left\{ \frac{3}{(p+1)(p+2)} \right\} x_1(0) + L^{-1} \left\{ \frac{p-1}{(p+1)(p+2)} \right\} x_2(0) = \\
 &= (3e^{-t} - 3e^{-2t})x_1(0) + (-2e^{-t} + 3e^{2t})x_2(0).
 \end{aligned}$$

Записываем матрицу перехода  $\vec{\varphi}(t)$

$$\vec{\varphi}(t) = \begin{bmatrix} 3e^{-t} - 2e^{-2t} & -2e^{-t} + 2e^{2t} \\ 3e^{-t} - 3e^{-2t} & -2e^{-t} + 3e^{2t} \end{bmatrix}.$$

С помощью графа переменных состояния цепи может быть найдена не только матрица перехода  $\vec{\varphi}(t)$ , но и рассчитан полностью сам переходный процесс в цепи. Введём вектор-столбец  $\vec{x}$ , вектор-столбец  $\vec{u}$  и вектор-

столбец  $\vec{v}$  соответственно для представления переменных состояния процесса, входа и системы увеличенный размерности и получим первое дифференциальное уравнение цепи из системы (1) в виде [2]:

$$\dot{\vec{V}} = \vec{A}y \cdot \vec{V}, \tag{11}$$

где  $\vec{V} = \begin{bmatrix} \vec{u} \\ \vec{x} \end{bmatrix}$ ,  $\vec{A}$  — основная матрица цепи увеличенный размерности.

Решение уравнения (11) имеет вид:

$$\vec{V}(t) = \vec{\varphi}_y(t)\vec{V}(0), \tag{12}$$

где  $\vec{\varphi}_y(t)$ , называется расширенной матрицей перехода цепи, т. к. характеризует одновременно изменение как переменных состояния цепи, так и входа. Если заданы начальные условия, то могут быть легко найдены функции времени, описывающие изменение переменных состояния цепи.

Дополнив граф переменных состояния цепи узлами, соответствующими входным переменным  $\vec{u}(t)$ , передачами между переменными состояния и входными переменными, получим граф, изображающий уравнение (11) во временной области.

Для этого необходимо описать с помощью графов и входные воздействия. Ниже показаны графовые модели в переменных состояния для экспоненциальной  $e(t) = Ee^{at}$ , постоянной  $e(t) = E$  и синусоидальной э. д. с.  $e(t) = E_m \sin(\omega t + \psi_e)$ :

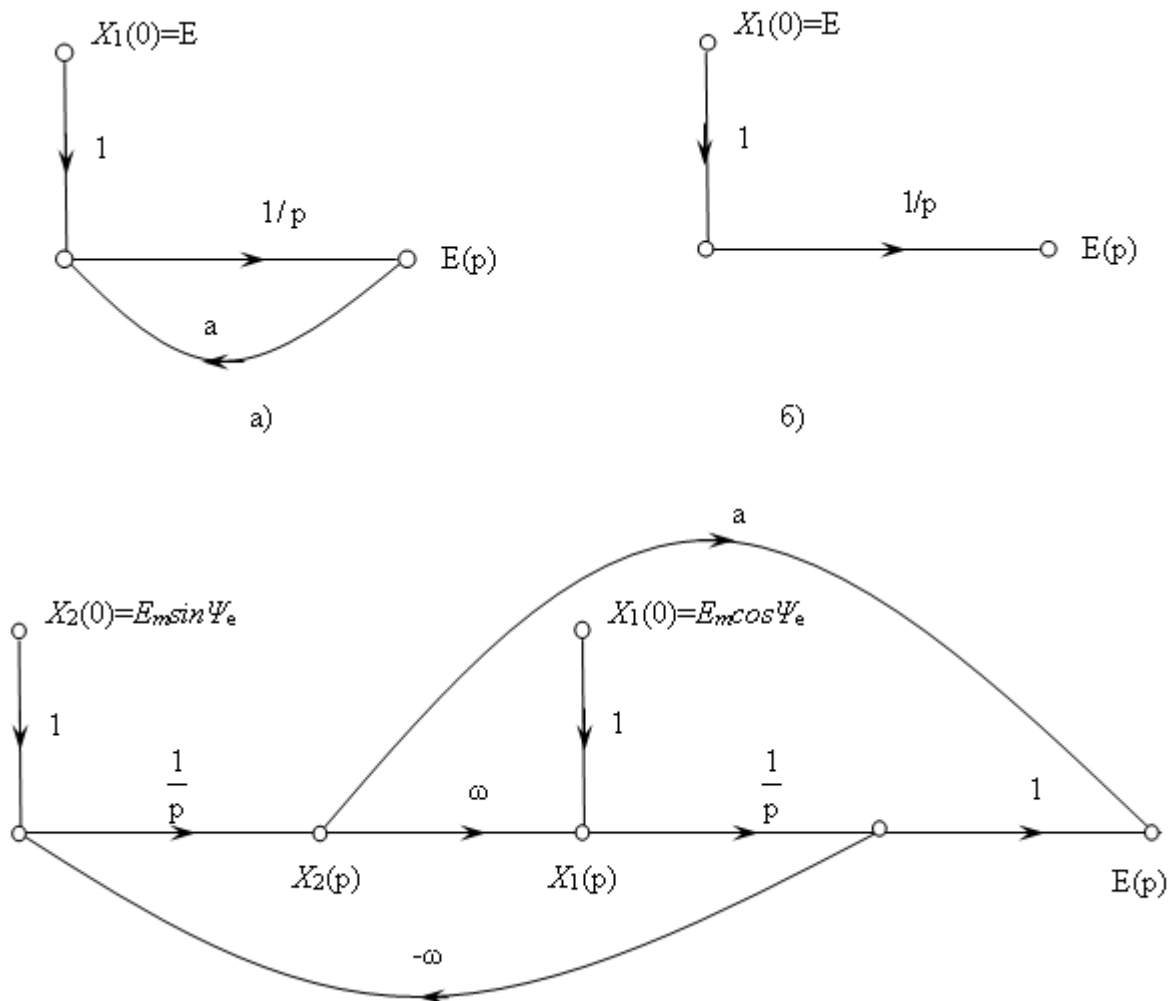


Рис. 6.

Приведём пример расчёта переходных процессов с помощью графов переменных состояния для схемы рис. 7а при  $e(t) = E = 60$  в,  $R_1 = 20$  ом,  $R_2 = 40$  ом;  $L = 0,2$  мГн,  $C = 1$  мкФ,  $R_3 = 40$  ом.

1) Выбрав в качестве переменных состояния напряжение на ёмкости  $u_C$  и ток в индуктивности  $i_L$ , определим начальные условия и запишем дифференциальные уравнения цепи в переходном режиме:

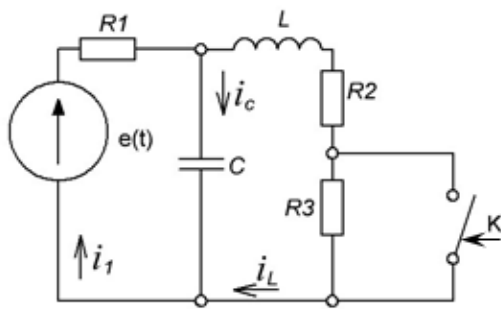
$$i_{L_{\text{уст}}}(0_-) = i_L(0) = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} = 0,6 \text{ A};$$

$$u_{C_{\text{уст}}}(0_-) = u_C(0) = i_{L_{\text{уст}}}(0)(R_2 + R_3) = 48 \text{ B}$$

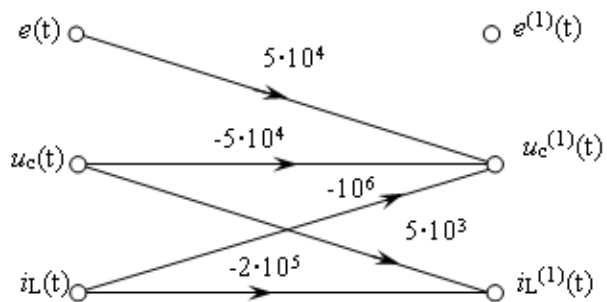
$$\left. \begin{aligned} i_1 - C \frac{du_C}{dt} - i_L &= 0 \\ R_1 i_1 + u_C &= e \\ R_1 i_1 + R_2 i_L + L \frac{di}{dt} &= e \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

2) Решаем (13) относительно первых производных выбранных переменных состояния  $u_C$  и  $i_L$  и получаем:

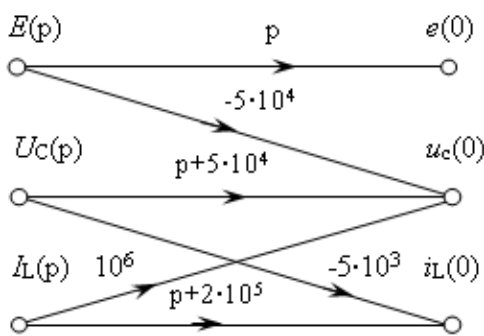
$$\left. \begin{aligned} u_C^{(1)} = \frac{du_C}{dt} &= \frac{1}{R_1 C} u_C - \frac{1}{C} i_L + \frac{1}{R_1 C} e = 5 \cdot 10^4 u_C - 10^6 i_L + 5 \cdot 10^4 e \\ i_L^{(1)} = \frac{di_L}{dt} &= \frac{1}{L} u_C - \frac{R_2}{L} i_L = 5 \cdot 10^3 u_C - 2 \cdot 10^5 i_L \end{aligned} \right\} \quad (14)$$



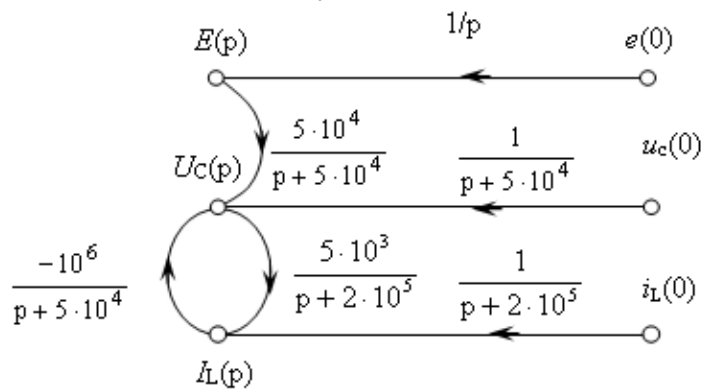
а)



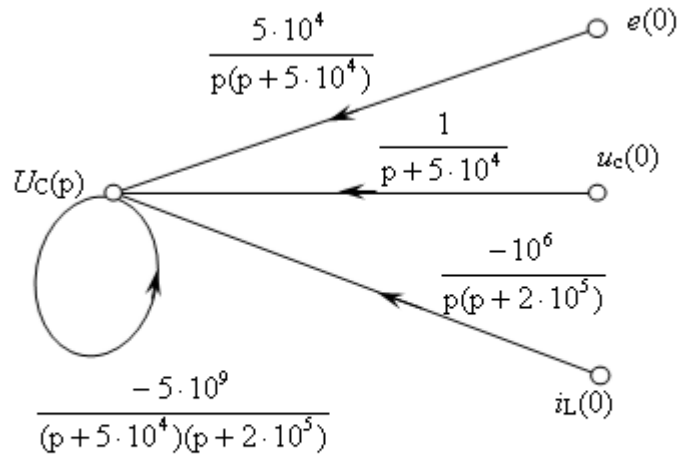
б)



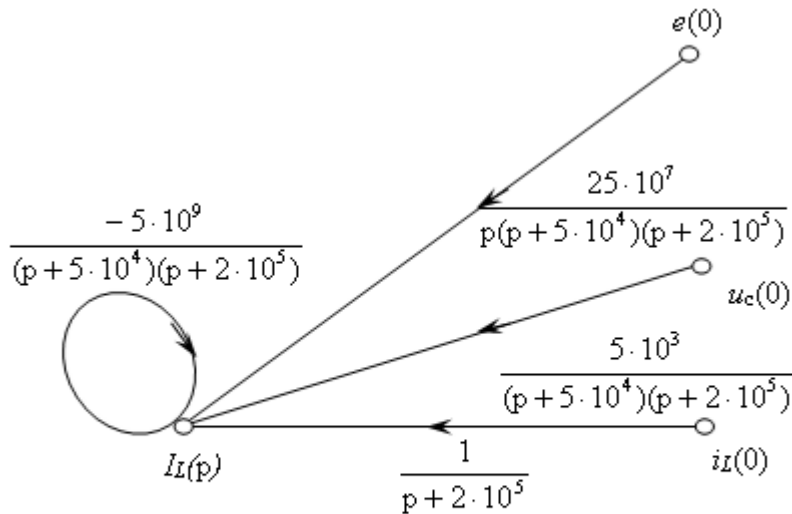
в)



г)



д)



е)

Рис. 7.

3) Граф переменных состояния, соответствующий уравнениям (14), построен на рис. 7б, из рассмотрения которого находим основную матрицу цепи увеличенной размерности:

$$\bar{A}_Y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 5 \cdot 10^4 & -5 \cdot 10^4 & -10^6 \\ 0 & 5 \cdot 10^3 & -2 \cdot 10^5 \end{bmatrix}$$

4) Используя выражение  $[p\bar{J} - \bar{A}_Y]$ , строим граф изображений переменных состояния (рис. 7в) · Инвертируя ветви с передачами  $p$ ,  $(p + 5 \cdot 10^4)$ ,  $(p + 2 \cdot 10^5)$  и исключив узлы  $E(p)$  и  $I_1(p)$ , получим граф рис. 7д, из которого после исключения петли находим:

$$U_c(p) = \frac{5 \cdot 10^4 (p + 2 \cdot 10^5)}{p(p + 10^5)(p + 1,5 \cdot 10^5)} e(0) + \frac{p + 2 \cdot 10^5}{(p + 10^5)(p + 1,5 \cdot 10^5)} u_c(0) + \frac{-10^6}{(p + 10^5)(p + 1,5 \cdot 10^5)} i_L(0)$$

5) Аналогично из графа рис. 7е определяем изображение тока в ветви с индуктивностью:



$$I_L(p) = \frac{25 \cdot 10^7}{p(p+10^5)(p+1,5 \cdot 10^5)} e(0) + \frac{5 \cdot 10^3}{(p+10^5)(p+1,5 \cdot 10^5)} u_C(0) + \frac{5 \cdot 10^4}{(p+10^5)(p+1,5 \cdot 10^5)} i_L(0)$$

б) Переходя к оригиналам и учитывая, что  $e(0) = E = 60$  В,  $u_C(0) = 48$  В,  $i_L(0) = 0,6$  А, получим выражения для искоемых переменных:

$$u_C(t) = 40 + 24e^{-10^5 t} - 16e^{-1,5 \cdot 10^5 t} \text{ В,}$$

$$i_L(t) = 1 + 1,2e^{-10^5 t} - 1,6e^{-1,5 \cdot 10^5 t} \text{ А}$$

По работе можно сделать следующее заключение: метод графов переменных состояния является строгим и точным методом расчета переходных процессов в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами.

Сохраняя все достоинства метода пространства переменных состояния, указанный подход является более простым и наглядным, более эффективным в вычислительном отношении. Это становится особенно важным при расчёте цепей высокого порядка, т. к. аналитический метод определения матрицы перехода, необходимый для вывода уравнений состояния методом пространства параметров состояния, можно рекомендовать для цепей не выше третьего порядка. Если электрическая цепь описывается системой уравнений более высокого порядка, то определение матрицы перехода становится громоздким, и только для некоторых частных случаев задача решается сравнительно просто.

Кроме того, метод графов переменных состояния подтверждает известные выводы о том, что сигнальные графы являются эффективным средством, дающим возможность осуществления логичной последовательности действий при решении совместных линейных уравнений, описывающих состояние электрической цепи.

Литература:

1. Демирчян, К. С., Нейман Л. Р., Коровкин Н. В., Чечурин В. Л. Теоретические основы электротехники. Учебник для вузов. Том 1. «Питер» Россия 2003. — 463 с.
2. Ю. Ту. Современная теория управления. М., Машиностроение, 1971, — 300 с.
3. Amirov, S. F. Yoqubov M. S., Jabborov N. G». Elektrotexnikani nazariy asoslari. (birinchi kitob) TDTU, 2006 y. 144 b.
4. Каримов, А. С., Назарий электротехника. — Т.: Ўқитувчи, 2003 й, — 426 б.
5. Рашидов, Ё. Р., Абидов К. Ф., Колесников И. К. Электротехниканинг назарий асослари I, II, III қисмлар (Маъруза матинлари тўплами), ТДТУ, 2002 й, 250 б.
6. Abidov, Q. G., Qadirova D. R. «Chiziqli elektr zanjirlarida o'tkinchi jarayonlar» bo'yicha hisob — grafik ishini bajarish yuzasidan uslubiy ko'rsatma. — Toshkent, ToshDTU, 2010. 36 b.

## Выбор схемы разработки лесосеки с учетом сохраняемости подроста

Абрамов Виталий Викторович, кандидат технических наук, доцент;  
 Бухтояров Леонид Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Троянов Игорь Николаевич, аспирант  
 Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова

Калинин Павел Михайлович, аспирант  
 Московский государственный университет леса

Повреждаемость подроста во многом определяет доля технологических площадей на лесосеке [1, с. 78]. В этой связи, представляется целесообразным использовать схемы разработки лесосек как можно с большей шириной пасеки [2, с. 152]. Опираясь на анализ известных технических средств и механизмов актуально использование на несплошных рубках ухода следующих технологических вариантов [3, с. 305]. Первый вариант: б/п Хускварна 357 ХР (валка+обрезка сучьев) + лебедка ViigWinchKBF (подтрелевка) + форвардер Stels 500 GT+T-15+Country

(трелевка) + б/п Хускварна 357 ХР (раскряжевка). Второй вариант: б/п Хускварна 357 ХР (валка+обрезка сучьев+раскряжевка) + трактор Т-40+SV8-21 (трелевка).

Первый предлагаемый вариант (рис. 1) предполагает использование лебедки словацкого производства ViigWinchKBF для подтрелевки хлыстов к пасечному технологическому коридору (волоков), для этого требуется прокладка технологических визиров шириной 1 метр [9, с. 32]. В дальнейшем подтрелеванные хлысты разделява-

ются на сортименты и трелюются уже на верхний склад малогабаритным форвардером Stels 500 GT+T-15+Country. Таким образом, на обрабатывающих операциях — валку и очистку деревьев от сучьев последовательно производит моторист с бензопилой, а для раскряжевки подтрелеванных хлыстов у пасечного технологического коридора

задействован специально раскряжевщик [10, с. 1]. Ширина пасеки при такой технологии может разрабатываться до 50 метров [7, с. 17].

Второй предлагаемый вариант (рис. 2) предполагает разработку лесосек осуществлять без прокладки пасечных технологических коридоров (волоков) [12, с. 380]. Для

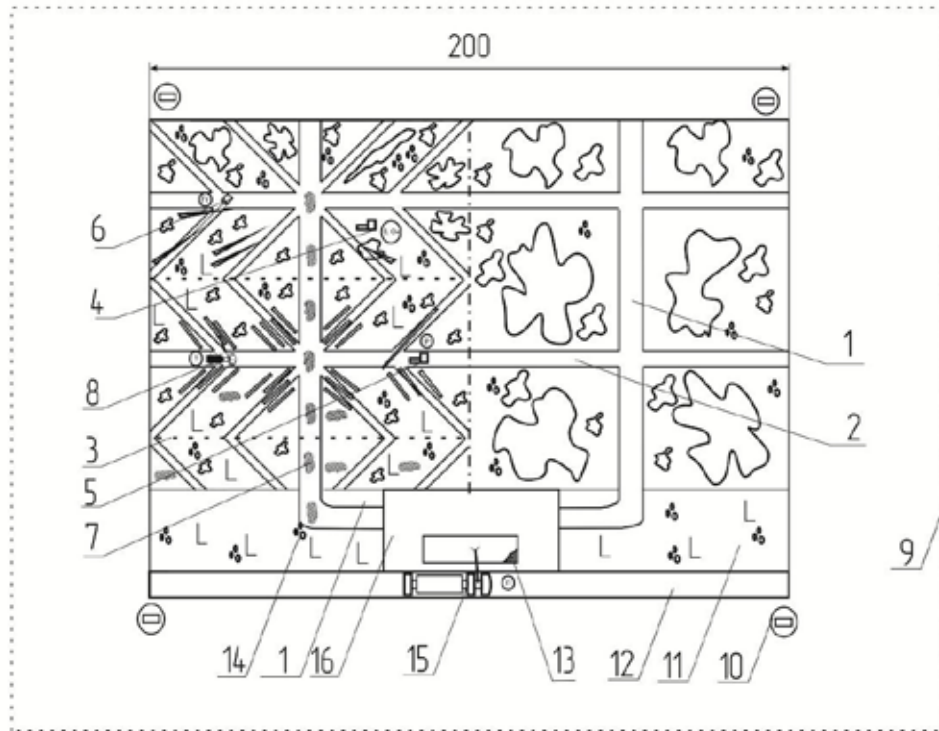


Рис. 1. Технологическая схема разработки лесосеки (вариант № 1)

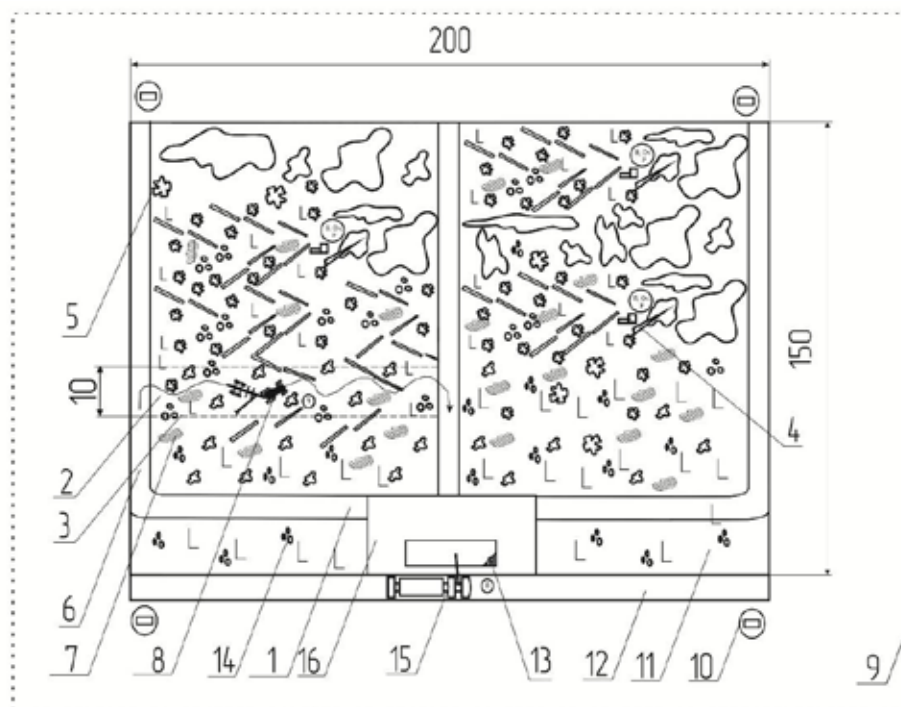


Рис. 2. Технологическая схема разработки лесосеки (вариант № 2)

этого, трактор МТЗ-82 с активным полуприцепом SV8–21, для сбора и трелевки сортиментов заезжает через дальний от верхнего склада магистральный технологический коридор на обрабатываемую пасеку и собирает находящиеся на ней сортименты, маневрируя между оставляемыми деревьями [11, с. 327]. В дальнейшем собранные сортименты трелюются на верхний склад по ближнему магистральному технологическому коридору [5, с. 84]. Все обрабатывающие операции по такой технологии выполняют три моториста таким же образом двигаясь по пасеке находясь на безопасном расстоянии друг от друга [4, с. 124].

Для оценки наиболее предпочтительного варианта разработки лесосеки из выбранных для сравнения с позиции максимальной сохраняемости подроста необходимо рассчитать показатели характеризующие его повреждаемость [4, с. 124]. Это следующие технологические площади на лесосеке: площадь всех пасечных волоков (технологических коридоров); площадь всех магистральных волоков (технологических коридоров); площадь всех технологических визиров; площадь погрузочных площадок [8, с. 124]. Таким образом, суммарная площадь поврежденного подроста определится из выражения

$$S_{повр.} = S_{п.в.} + S_{м.в.} + S_{п.п.} + S_{т.в.}, \tag{1}$$

где  $S_{п.в.}$  — площадь всех пасечных волоков (технологических коридоров), га;

$S_{м.в.}$  — площадь всех магистральных волоков (технологических коридоров), га;

$S_{п.п.}$  — площадь погрузочных площадок, га;

$S_{т.в.}$  — площадь всех технологических визиров, га.

Таким образом, площадь лесосеки с сохраненным подростом определится

$$S_{сохр.подр.} = S_{общ.} + S_{повр.}, \tag{2}$$

где  $S_{общ.}$  — общая площадь лесосеки, га.

Расчет данных показателей осуществлен в среде EXCEL и представлен в табличной форме в табл. 1 и 2, а также в виде диаграмм на рис. 3.

Анализ данных повреждаемости подроста на лесосеке говорит о преимуществе второго технологического варианта [6, с. 81]. С целью его совершенствования исследовалось влияние основных технологических параметров лесосеки (размеры лесосеки, длина ленты набора пачки, ширина технологического коридора) на сохраняемость подроста (рис. 4).

Таким образом, была предложена к использованию наиболее предпочтительная схема разработки лесосеки, позволяющие в большей степени (на 9%) сохранять подрост относительно традиционной узкопасечной технологии [5, с. 84]. Для ее реализации целесообразна система машин на основе форвардера состоящего из трактора МТЗ-82 и активного полуприцепа SV8–21.

Таблица 1. Расчет показателей повреждаемости подроста (вариант № 1)

Сохр.подр. в %	=	$S_{сохр.подр.}^*$	100 /	Сообщ.				
		24700	100	30000	82,3333			
Сохр.подр., га	=	Сообщ.	-	$S_{повр.}$				
		30000	5300	24700				
Сообщ., га	=	a	b					
		150	200	30000				
$S_{повр.}$ , га	=	$S_{п.в.}$	+	$S_{м.в.}$	+	$S_{п.п.}$	=	Свз.
		3000	1500	800		360		5300
$S_{п.в.}$ , га	=	(a /	bn)	*	b	*	bn	
		150	50	200		5		3000
$S_{м.в.}$ , га	=	(b /	(b /	2))	*	bn	*	a
		200	200	2	5	150		1500
$S_{п.п.}$ , га	=	anp	*	bnp				
		20	40	800				
Свз., га	=	(a /	bn)*	8*	кв.корень (2*	bn)*	ba	
		150	50	8	2	50	1,5	360

Таблица 2. Расчет показателей повреждаемости подроста (вариант № 2)

Сохр.подр. в %	=	$S_{сохр.подр.}^*$	100 /	Сообщ.				
		26137,5	100	30000	87,125			
Сохр.подр., га	=	Сообщ.	-	$S_{повр.}$				
		30000	3862,5	26137,5				
Сообщ., га	=	a	b					
		150	200	30000				
$S_{повр.}$ , га	=		$S_{м.в.}$	+	$S_{п.п.}$	=		
			3062,5	800		3862,5		
$S_{м.в.}$ , га	=	(b*	((a-	ab	/2)*	(b /	bn+	1)))
		200	150	25	2	200	100	1
$S_{п.п.}$ , га	=	anp	*	bnp				
		20	40	800				

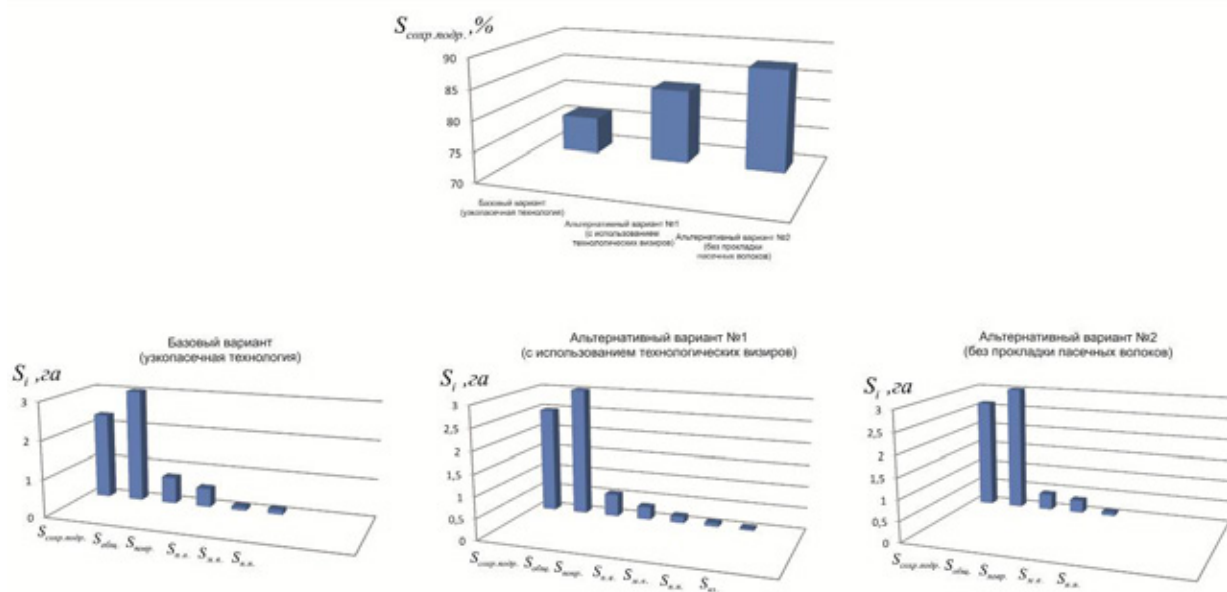


Рис. 3. Показатели повреждаемости подроста в зависимости от применяемой технологии разработки лесосеки

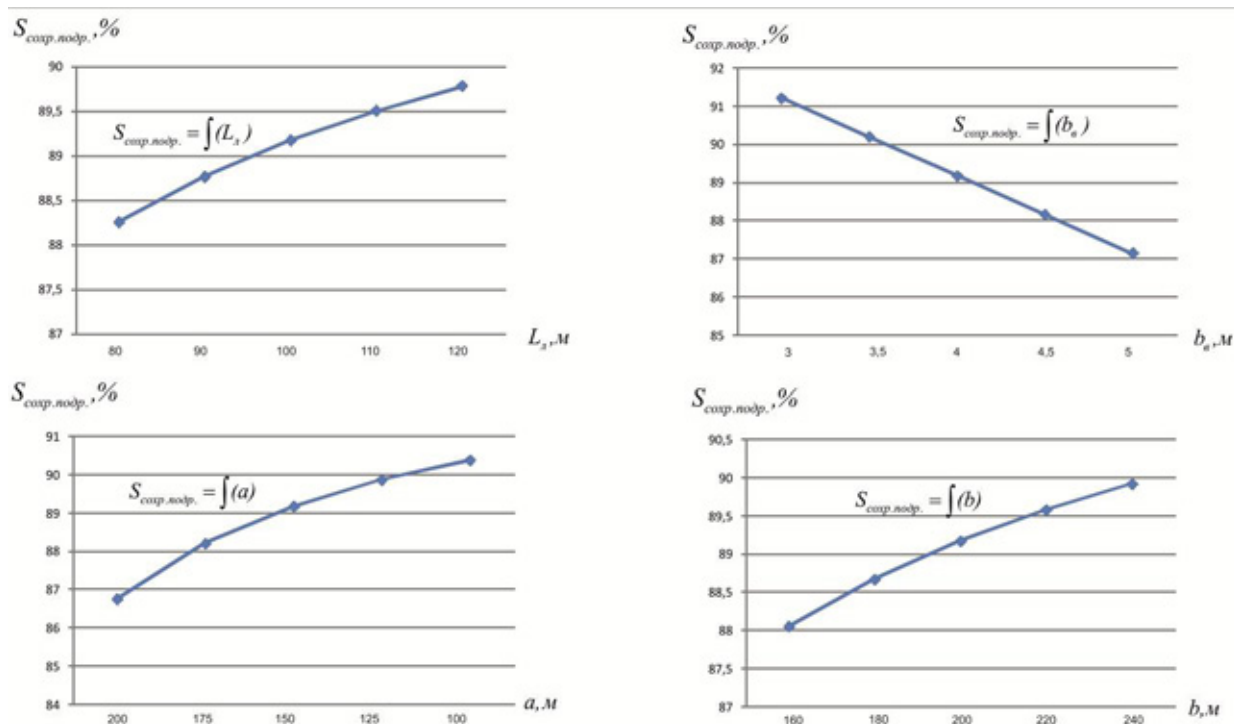


Рис. 4. Сохраняемость подроста в зависимости от основных технологических параметров лесосеки

Литература:

1. Абрамов, В.В. Обоснование оптимальных параметров работы трелевочных средств на несплошных вырубках [Текст] / В.В. Абрамов // Лесотехнический журнал. — 2011. — № 1 (1). — с. 76–80.
2. Абрамов, В.В. Оценка технологий и структуры системы машин в задачах автоматизированного технологического проектирования [Текст] / В.В. Абрамов, К.В. Литвиненко // Лес. Наука. Молодежь — 2008: сборник материалов по итогам научно-исследовательской работы молодых ученых ВГЛТА за 2007–2008 гг. — Воронеж, 2008. — с. 149–156.

3. Абрамов, В. В. Совершенствование процесса первичной транспортировки древесины с лесоводственно-экологической позиции в условиях малообъемных лесозаготовок [Текст] / В. В. Абрамов // Воспроизводство, мониторинг и охрана природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов: материалы международной молодежной научной школы, 14–15 июня 2012 г. / под ред. М. В. Драпалюка; ФГБОУ ВПО «ВГЛТА». — Воронеж, 2012. — с. 302–307.
4. Абрамов, В. В. Разработка и обоснование эффективной технологии трелевки в малолесных районах [Текст]: дис.... к-та техн. наук: 05.21.01 / В. В. Абрамов. — Воронеж: ВГЛТА, 2009. — 288 с.
5. Афоничев, Д. Н. Алгоритм расчета в системе автоматизированного проектирования оптимальных параметров размещения лесовозных веток и усов [Текст] / Д. Н. Афоничев // Вестник Московского государственного университета леса — Лесной вестник. — 2010. — № 5. — с. 82–86.
6. Афоничев, Д. Н. Совершенствование транспортного освоения лесосырьевых баз [Текст] / Д. Н. Афоничев, П. С. Рыбников, В. А. Морковин // Лесотехнический журнал. — 2012. — № 4. — с. 79–88.
7. Афоничев, Д. Н. Формирование проектных решений в автоматизированной системе проектирования объектов лесопромышленного комплекса [Текст] / Д. Н. Афоничев, П. С. Рыбников // Моделирование систем и процессов. — 2012. — Вып. 4. — с. 16–19.
8. Пошарников, Ф. В. Анализ состояния и перспектив развития техники для выполнения переместительных операций на рубках промежуточного пользования по хлыстовой и сортиментной технологиям [Текст] / Ф. В. Пошарников, В. В. Абрамов, А. С. Полухин // Технологии, машины и производство лесного комплекса будущего: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию лесинженерного факультета / ВГЛТА. — Воронеж, 2004. — Ч. 2. — с. 123–126.
9. Пошарников, Ф. В. Оптимизация параметров работы трелевочных средств при уходе за насаждением [Текст]: [деп. рукопись] / Ф. В. Пошарников, В. В. Абрамов, А. В. Бондаренко; Фед. агентство по образованию, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования, Воронеж. гос. лесотехн. акад. — Воронеж, 2011. — 40 с.
10. Пошарников, Ф. В. Способ разработки пазов для рубок ухода [Текст] / Ф. В. Пошарников, В. В. Абрамов. — Воронеж: Воронежский ЦНТИ, 2008. — № 53.
11. Черных, А. С. Исследование повреждаемости стволов деревьев при выполнении трелевки на несплошных рубках [Текст] / А. С. Черных, А. В. Бондаренко, В. В. Абрамов, А. И. Серебрянский // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2015. — Т. 3. — № 2–1 (13–1). — с. 325–329.
12. Черных, А. С. Повреждаемость стволов оставляемых деревьев в процессе подтрелевки хлыстов на несплошных рубках [Текст] / А. С. Черных, А. В. Бондаренко, В. В. Абрамов, А. И. Серебрянский // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2014. — Т. 2. — № 5–4 (10–4). — с. 379–382.

## Структурные особенности программируемой платы Digilent Nexys 2

Алферьев Алексей Валерьевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Плата Nexys 2 является мощной платформой для проектирования цифровых систем, созданной на базе ядра Xilinx Spartan — 3E FPGA. Она включает в себя высокоскоростной USB2 порт, 16 Мбайт энергонезависимой памяти (ПЗУ) и оперативной памяти (ОЗУ), а также несколько устройств ввода/вывода, порты (переключатели, кнопки) делают плату идеальной платформой для цифровых систем всех видов, в том числе встроенные процессорные системы, основанные на Xilinx-х MicroBlaze. Порт USB2 обеспечивает плату мощностью и интерфейсом для программирования, с помощью данного порта можно использовать Nexys 2 с ноутбуком или ПК, чтобы создать портативную проектируемую станцию. На 1 рисунке представлен внешний вид платы

Nexys 2 приносит ведущие технологии на цифровую платформу, с помощью которой любой человек может получить опыт цифрового проектирования. Данная плата даёт возможность провести бесчисленное множество логических цифровых операций на базе программируемой логической интегральной схемы (FPGA-ПЛИС), работать с платой можно и за ее пределами за счет использования любого из пяти разъемов расширения. Четыре разъема 12-контактных периферийных модулей могут разместить до восьми периферийных модулей каждый для добавления новых функций, таких как управление системой, преобразования от аналоговой к цифровой (А/Д) и от цифровой к аналоговой (Д/А), аудиосхемы, управление датчиками и привода интерфейсов. Все доступные пользователю сиг-



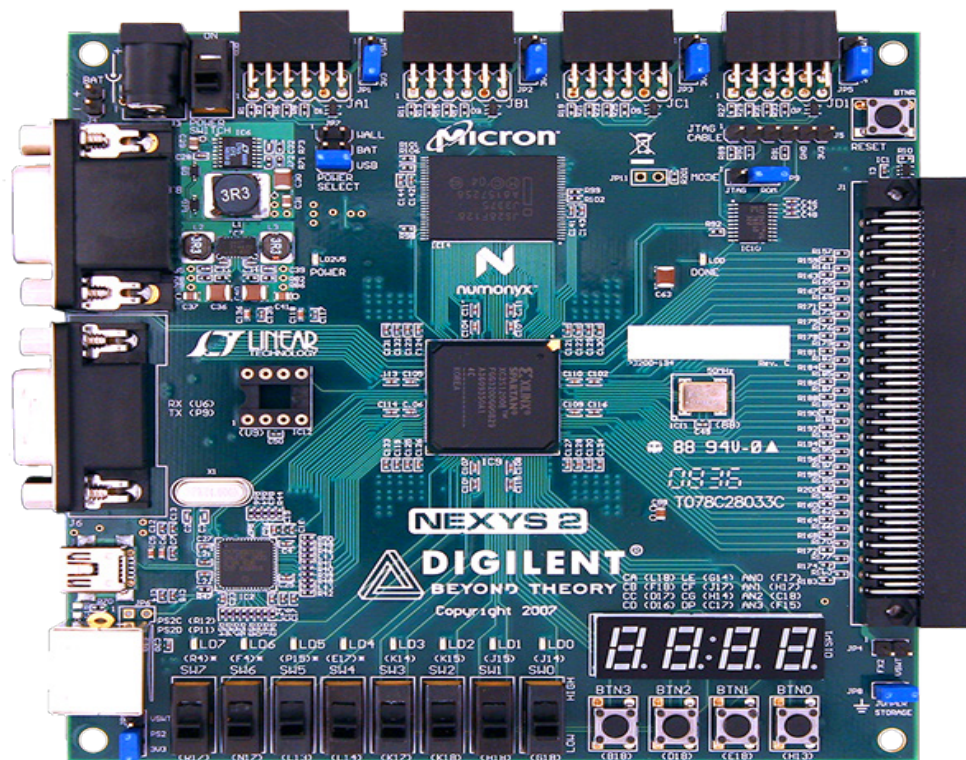


Рис. 1. Макет платы Nexys 2

налы на плате Nexys 2 являются электростатическими разрядами (ESD) и защитой от короткого замыкания обеспечивая долгий срок службы в любых условиях. Данная плата полностью совместима со всеми версиями Xilinx ISE, к примеру WebPack CAD.

Основные особенности Nexys 2:

- установленная FPGA Spartan-3E, имеющая 1200000 вентилей в корпусе BGA320;
- порт USB2 на основе конфигурации ПЛИС и высокоскоростных переходов (используя набор программного обеспечения);

- USB-питание (можно также использовать батареи или от розетки);
- память 16 Мбайт Intel StrataFlash ОЗУ;
- 16 Мбайт Micron ПЗУ;
- 50 МГц резонатор, а также разъем для дополнительного резонатора;
- 8 светодиодов, 4-разрядный дисплей семисегментный, 4 кнопки, 8 переключателей;
- один разъем расширения на сто выводов типа FX2.

На рисунке 2 представлены блок-схема и особенности Nexys 2

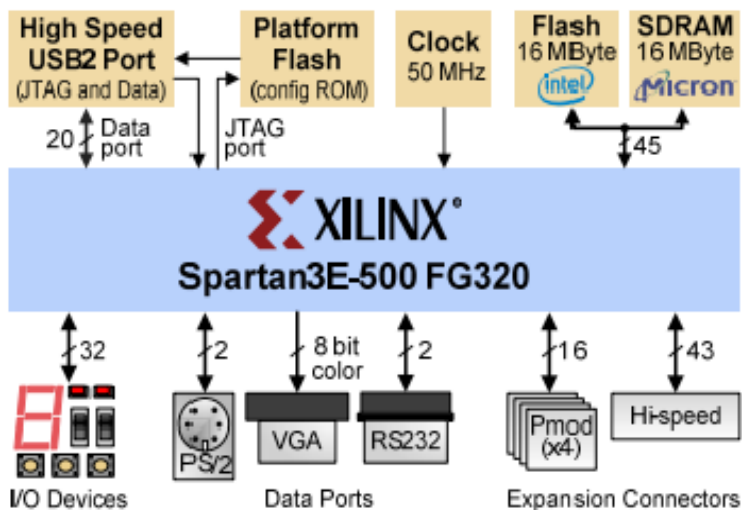


Рис. 2. Блок-схема и особенности Nexys 2

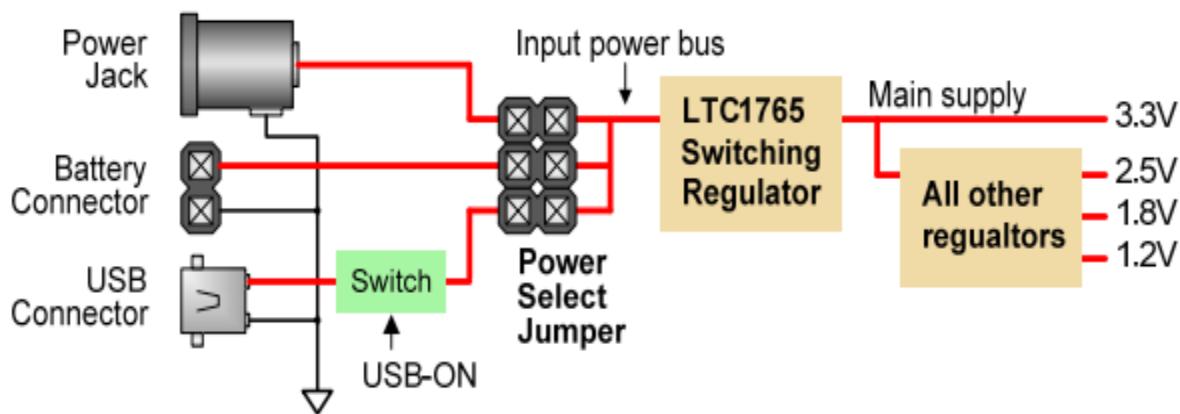


Рис. 3. Блок-схема питания Nexus 2

**Источники питания**

Входное питание на плату Nexus 2 управляется с помощью кабеля USB с постоянным током и напряжением от 5 до 15 В, центр положительный, 2.1 мм питания от розетки или от аккумулятора. USB-схема всегда питается от USB-кабеля, если USB-кабель не подключен, то схема остается обесточенной. На рисунке 3 представлена блок-схема питания платы.

Шина входной мощности приводит в действие регулятор напряжения 3.3 В, которая поставляет все необходимые токи платы. Некоторые устройства требуют подать напряжение в размерах 2.5 В, 1.8 В и 1.2 В в дополнение к основному питанию, и эти дополнительные расходные материалы созданы регуляторами, которые учитывают подачу от основного источника 3.3 В. Первоначальные запасы создаются высокоэффективными регуляторами переключения из линейной технологии. Эти регуляторы можно использовать не только эффективно для мощности USB, они также позволяют Nexus 2 проработать длительный период времени без батареи.

Суммарный ток платы зависит от конфигурации ПЛИС, тактовой частоты и внешних соединений. В тестовой цепи с 50 МГц счетчиком и светодиодами с подсветкой около 200 мА взято из источника 1.2 В, 50 мА от питания 2.5 В и 100 мА от источника питания 3.3В. Необходимый ток будет увеличиваться, если более крупные схемы сконфигурированы ПЛИС, и если прилагаются периферийные платы. Приведенная ниже таблица 1 обобщает параметры питания

Плата Nexus 2 также может получать питание от периферийной платы, подключенной к разъему периферийного модуля или от большого 100-контактного расширительного разъема. Перемычки возле разъемов периферийного модуля и большого расширительного разъема можно подключить к контактам Nexus 2, потребив мощность шины. Также данные перемычки можно использовать для маршрутизации либо входной шины питания, либо регулируемого питания 3.3 В к выводам периферийного модуля. В свою очередь разъем расширения может разорвать соединение со входной шиной питания.

Мощность с USB входа подается непосредственно на схему, а на остальной части платы с помощью электронного переключателя. Контроллер USB на плате переключается только после информирования основным ПК (хост), что требуется ток, больший чем 100 мА. USB-хост может посылать только 500 мА тока на 5 В. При использовании питания от USB, необходимо соблюдать осторожность, чтобы обеспечить плату Nexus 2 и все остальные подключенные периферийные платы необходимым током, иначе может произойти повреждение хоста. Плата Nexus 2 обычно потребляет около 300 мА тока USB, оставляя около 200 мА для периферийных плат. Если периферийным платам требуется больше тока, чем USB-кабель может подать, необходимо использовать дополнительный источник питания.

**Особенности ПЛИС**

ПЛИС на плате должна быть сконфигурирована (запрограммирована) пользователем, прежде чем можно

Таблица 1. Параметры питания с указанием соответствующих устройств.

Подаваемое напряжение	Устройства и их маркировка	Ток (максимальный/изначальный)
3.3В основное	IC6: LTC1765	3А/100мА
2.5В ПЛИС	IC7: LTC3417	1.4А/50мА
1.2В ПЛИС	IC7: LTC3417	1.4А/200мА
1.8В ПОЗУ	IC8: LTC1844	150мА/90мА
3.3В USB	IC5: LTC1844	150мА/60мА

будет выполнять конкретные функции. Во время конфигурации битовый файл передаётся в ячейки памяти в пределах ПЛИС с целью определить логические функции и соединительные элементы цепи. ISE/ WebPack CAD от Xilinx может быть использован для создания битовых файлов из VHDL или Verilog. ПЛИС может быть запрограммирована двумя способами: непосредственно с ПК с помощью подключения USB-порта и от логической функции, хранящейся в ПЗУ на плате. Переключатель на плате Nexys 2 определяет, какой источник (ПК или ПЗУ на плате) ПЛИС будет использоваться для загрузки конфигурации. ПЛИС будет автоматически загружать данную конфигурацию от флеш-памяти платы при включении питания ПЛИС, переключатель установлена в положение «Master serial». Если

переключатель установлена в режим «JTAG», то ПЛИС будет ждать программирования пользователем с ПК (через USB-кабель).

Программное обеспечение для ПК может использоваться для синтеза ПЛИС и ПЗУ. Кабель USB используется для передачи выбранного битового файла с ПК или ПЗУ на ПЛИС. После того, как ПЛИС синтезирована, она будет оставаться таковой до тех пор, пока не будет перезагружен кнопкой сброса ПЛИС. Флеш-память будет хранить файл до тех пор, пока не произойдет новый синтез с другим битовым файлом, содержащим логическую функцию. На рисунке 4 показан цикл программирования ПЛИС и возвращения в исходное состояние.

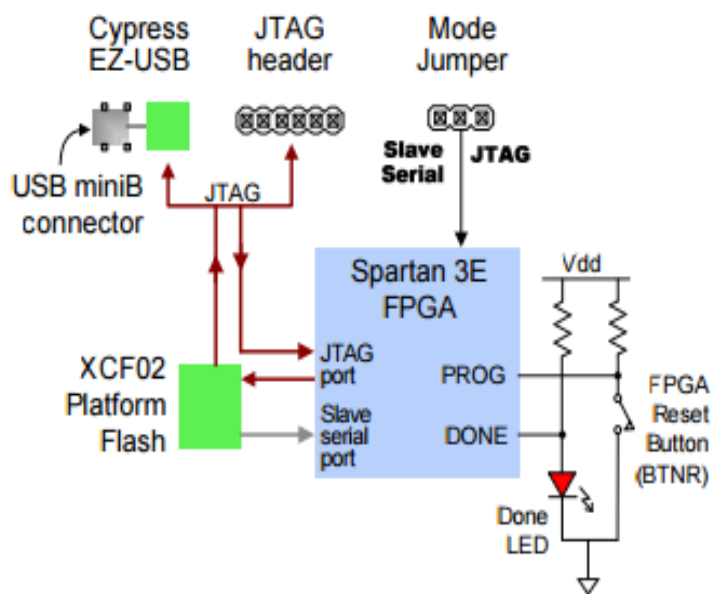


Рис. 4. Цикл программирования ПЛИС Spartan 3E

Плата Nexys 2 также может быть запрограммирована с помощью языков описания аппаратур (VerilogHDL, VHDL), подключив необходимый кабель для программирования в разъем JTAG. Обычно используют кабель фирмы Digilent JTAG3. После программирования платы можно подавать входные данные на переключатели и кнопки и наблюдать результат выполнения логической функции на 4-разрядном дисплее и светодиодах.

### Счётчик

Плата Nexys 2 включает в себя резонатор 50 МГц и разъём для дополнительного резонатора. Тактовые сигналы от резонаторов связаны с тактами входных контактов на ПЛИС, чтобы они могли управлять счётчиком синтеза блоков, доступных в ПЛИС. Тактовые синтезаторы (библиотеки DLL) обеспечивают управление счётчиком, такие как увеличение частоты вдвое или вчетверо, деление частоты входного сигнала с любым коэффициентом деления и определение точных времен фронта,

среза и задержек между различными синхросигналами. Ниже на рисунке 5 представлена блок-схема счетчика на плате.

### Пользовательские входы и выходы Nexys 2

На рисунке 6 представлен набор устройств входных и выходных устройств платы.

Рассмотрим сначала входные устройства: переключатели и кнопки. Четыре кнопки и восемь переключателей предусмотрены для входов схемы. Кнопочные сигналы как правило слабые и они приводятся в действие сильными входными сигналами только при нажатии кнопки. Переключатели генерируют постоянные сильные и слабые входные сигналы в зависимости от их положения. Кнопки и переключатели используют группу резисторов для защиты от коротких замыканий (замыкание может произойти, если контакт ПЛИС, привязанный к кнопке или переключателю будет определен как выходной, а не входной контакт).

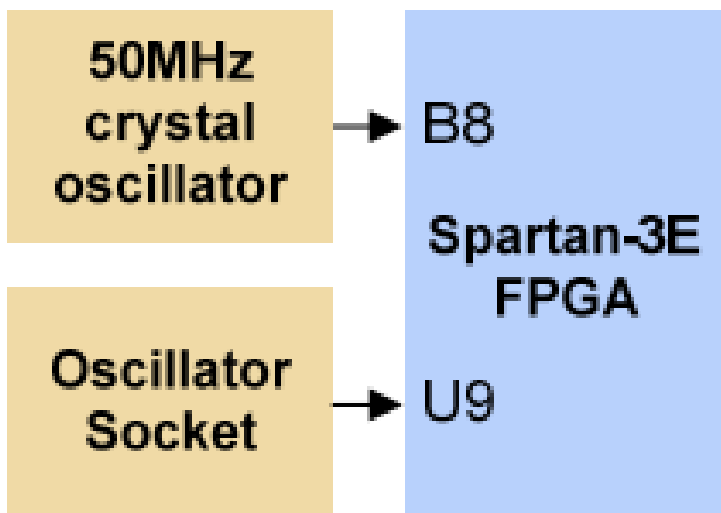


Рис. 5. Блок-схема счётчика Nexys 2



Рис. 6. Входы и выходы Nexys 2

К выходным устройства относятся восемь светодиоды и 4-разрядный семисегментный дисплей. Светодиодные аноды приводятся в движение от ПЛИС с помощью 390-Омных резисторов, поэтому выходная логическая «1» будет подсвечивать их с помощью 3–4 мА тока возбуждения. Есть ещё девятый светодиод, показывающий включение питания ПЛИС. На рисунке 7 представлена электрическая схема входов и выходов платы.

Плата Nexys 2 содержит 4-разрядный семисегментный светодиодный дисплей. Каждая из четырех цифр состоит из семи сегментов, расположенных в виде «цифра 8», со светодиодами, встроенными в каждый сегмент. Светодиоды сегментов освещаются отдельно друг от друга. Поэтому любой из 128 возможных вариантов освещения диодов может отображаться на цифре при том, что остальные сегменты не освещаются. Из 128 способов обычно используют 10 соответствующих цифр, они наиболее вос-

требованы для отображения на дисплее. На рисунке 8 представлен набор цифр на семисегментном дисплее, а также стандартный вид цифры без включенных диодов.

Аноды из семи светодиодов, образующих каждую цифру связаны между собой в один узел цепи, но катоды остаются разделёнными. Общие сигналы анода доступны в виде четырёх входных сигналов к дисплею. Катоды соответствующих сегментов на всех четырех дисплеях соединены в семь узлов схемы с маркировкой от CA до CG (так, например, четыре «D» катодов из четырех цифр группируются в один узел цепи под названием «CD»). Данные катоды доступны в качестве входных сигналов на 4-разрядном дисплее. На рисунке 9 представлена схема подключения сигнала для создания мультиплексированного дисплея, где катодные сигналы являются общими для всех цифр, но они освещают только заданный анодный сигнал конкретного сегмента.

Литература:

1. Digilent Nexys 2 Board Reference Manual, July 11, 2011.



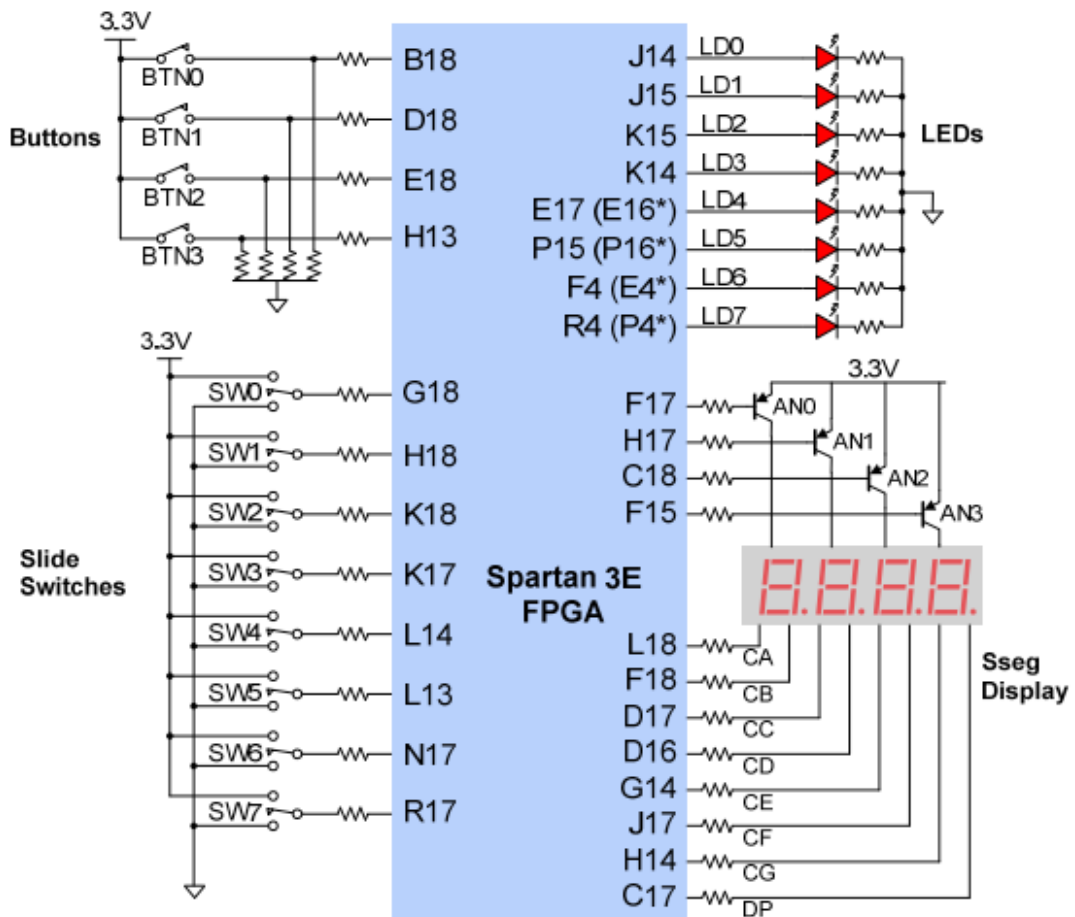


Рис. 7. Схема входов и выходов Nexys 2

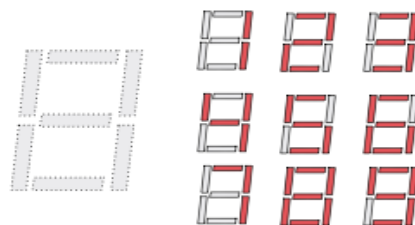


Рис. 8. Набор основных комбинаций сегментов на дисплее

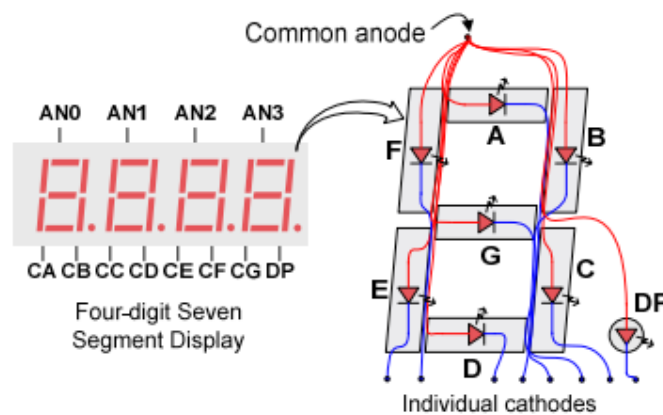


Рис. 9. Схема подключения сигнала к дисплею



## Расчет нелинейностей аналого-цифрового преобразователя

Антипов Михаил Юрьевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

В настоящее время цифровая аппаратура постепенно вытесняет аналоговую. Такую тенденцию можно описать многими факторами, но главный из них — простота обработки цифровых сигналов по сравнению аналоговыми. Поэтому цифровая обработка сигналов применяется в таких различных областях, как биомедицина, акустика, звуковая локация, радиолокация, сейсмология, связь, системы передачи данных, ядерная техника, и многих других. Для того, чтобы цифровая ЭВМ могла работать с аналоговым сигналом, его нужно преобразовать в цифровой вид, то есть сделать конвертацию. Конвертацию осуществляет специальное устройство — аналого-цифровой преобразователь. Такое преобразование содержит в себе погрешности, и тем она меньше, чем больше общая точность АЦП. В некоторых областях эти погрешности должны быть максимально минимизированы, то есть возникает вопрос подбора подходящего устройства. Поэтому каждый АЦП обладает рядом характеристик, отражающих его общую точность.

Характеристики АЦП подразделяются на статические, которые задают конечную точность преобразования, и динамические, характеризующие быстродействие данного класса устройств.

Но перед тем, как рассматривать статические характеристики, следует ввести определение передаточной характеристики. Итак, передаточная характеристика АЦП — это функция зависимости выходного кода АЦП от поданного напряжения. У идеального АЦП (у которого нет аппаратных погрешностей) такая зависимость пред-

ставляет собой кусочно-линейную функцию из  $2^N$  «ступеней», где  $N$  — разрядность АЦП. Каждый горизонтальный отрезок этой функции соответствует одному из значений выходного кода. Если соединить линиями начала этих горизонтальных отрезков, то идеальная передаточная характеристика будет представлять собой прямую линию, проходящую через начало координат.

Рисунок 1 иллюстрирует идеальную передаточную характеристику для 3-х разрядного АЦП. Передаточная характеристика может быть реализована со смещением  $-1/2$  LSB (см. рис. 2). Это достигается смещением передаточной характеристики влево. LSB (Least Significant Bit) — наименьший значащий разряд или наименьшее значение напряжение, которое может быть измерено АЦП.

Из-за технологического разброса параметров при изготовлении интегральных микросхем реальные АЦП не имеют идеальной передаточной характеристики. Отклонения от идеальной передаточной характеристики определяют статическую погрешность АЦП.

Статическая погрешность описывается следующими статическими характеристиками:

1) Аддитивная погрешность (погрешность смещения). Идеальная передаточная характеристика АЦП пересекает начало координат, а первый переход кода происходит при достижении значения  $1/2$  LSB (при несмещенной передаточной функции —  $1$  LSB). Аддитивная погрешность — смещение всей передаточной характеристики относительно идеальной, как показано на рис. 3.

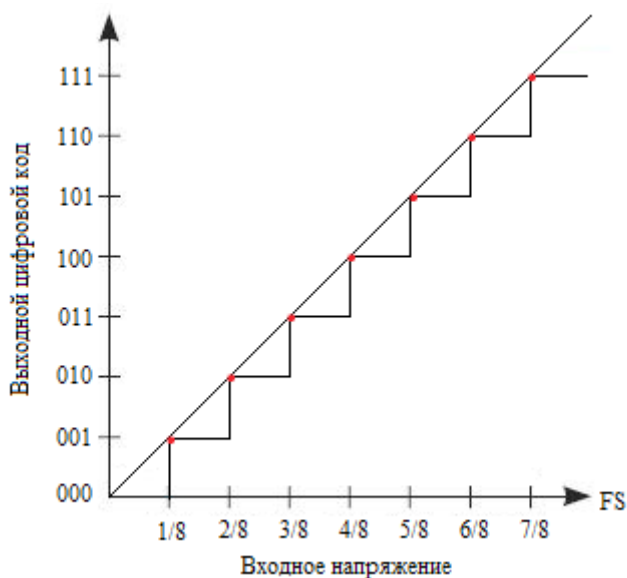


Рис. 1. Идеальная передаточная характеристика

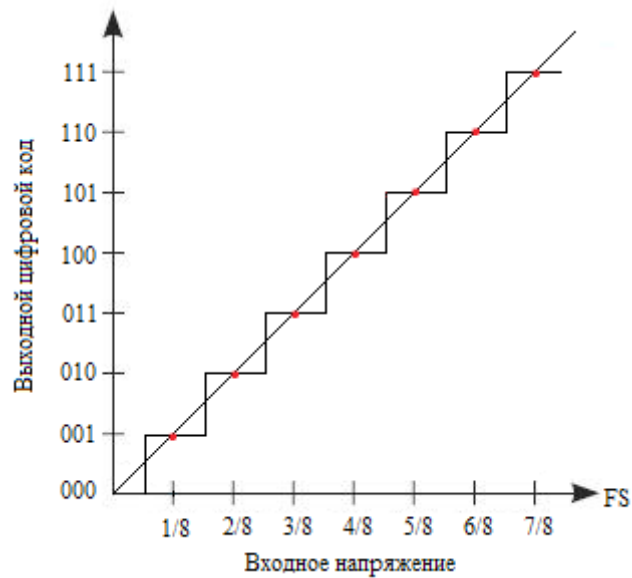


Рис. 2. Смещенная идеальная передаточная характеристика

2) Мультипликативная погрешность (погрешность полной шкалы) представляет собой разность между идеальной и реальной передаточными характеристиками в точке максимального выходного значения при условии отсутствия смещения (см. рис. 4). Это проявляется как изменение наклона передаточной функции.

3) Дифференциальная нелинейность (Differential Non-Linearity). У идеальной передаточной характеристики АЦП ширина каждого уровня должна быть одинакова. Разница в длине горизонтальных отрезков этой кусочно-линейной функции из  $2^N$  «ступеней» представляет собой дифференциальную нелинейность. Разность напряжений между каждым кодовым переходом должна быть

равна величине 1 LSB. Отклонение этой разности от LSB определяются как дифференциальная нелинейность (см. рис. 5).

4) Интегральная нелинейность (Integral Non-Linearity) — это погрешность, которая вызывается отклонением линейной функции передаточной характеристики АЦП от прямой линии, как показано на рисунке 6. Обычно передаточная функция с интегральной нелинейностью аппроксимируется прямой линией по методу наименьших квадратов. Часто аппроксимирующей прямой просто соединяют наименьшее и наибольшее значения. Интегральную нелинейность определяют путем сравнения напряжений, при которых происходят кодовые переходы.

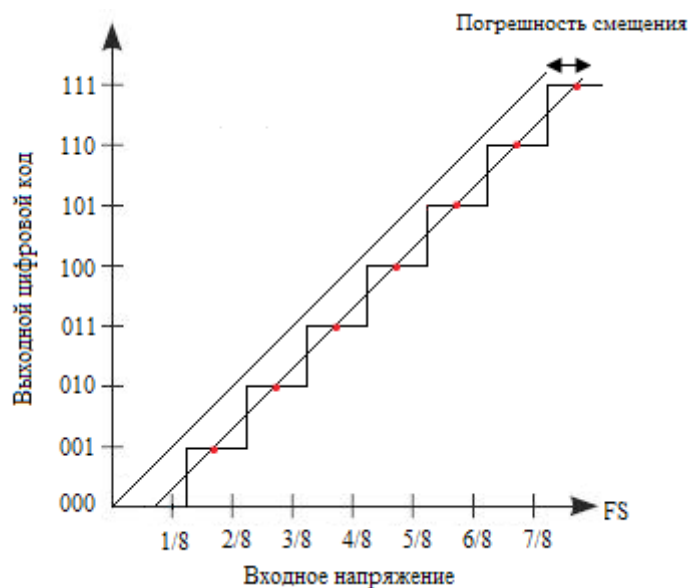


Рис. 3. Аддитивная погрешность

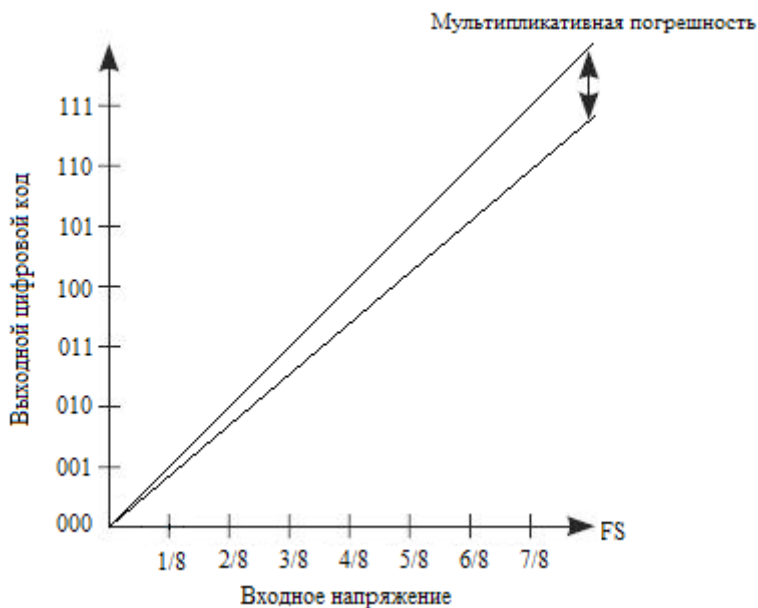


Рис. 4. Погрешность полной шкалы

Для идеального АЦП эти переходы будут происходить при значениях входного напряжения, точно кратных 1 LSB. А для реального преобразователя такое условие может выполняться с погрешностью. Разность между «идеальными» уровнями напряжения, при которых происходит кодовый переход, и их реальными значениями выражается в единицах LSB и называется интегральной нелинейностью.

Для расчета интегральной и дифференциальной нелинейностей можно использовать гистограммный метод. Он заключается в том, что полученного цифрового сигнала вычисляются идеальное и реальное распределение кодов. Далее вычисляется их отношение. На рисунке 7 представ-

лено распределение для реального шестиразрядного АЦП некоторого синусоидального сигнала.

Если бы тот же самый сигнал обрабатывался идеальным шестиразрядным АЦП, распределение кодов выглядело бы как показано на рисунке 8.

Идеальное распределение кодов для синусоидального сигнала выглядит следующим образом:

$$P(n) = \frac{1}{\pi} \left[ \arcsin \left( \frac{n}{2^{N-1}K} \right) - \arcsin \left( \frac{n-1}{2^{N-1}K} \right) \right]$$

где:

**n** — номер цифрового кода;

**N** — разрядность АЦП;

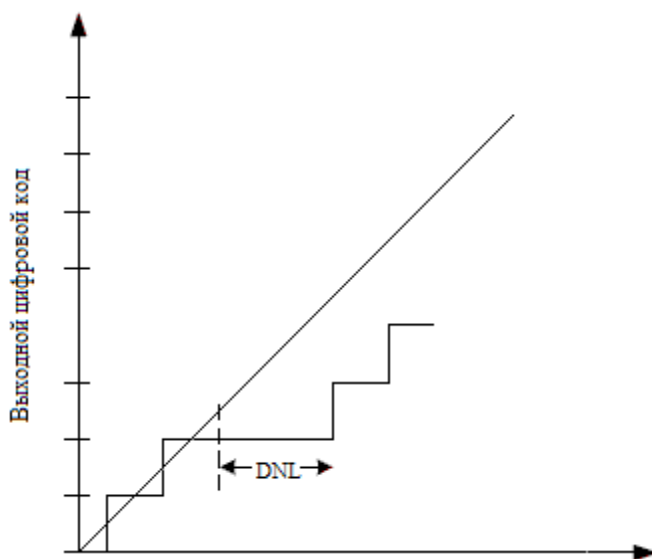


Рис. 5. Дифференциальная нелинейность

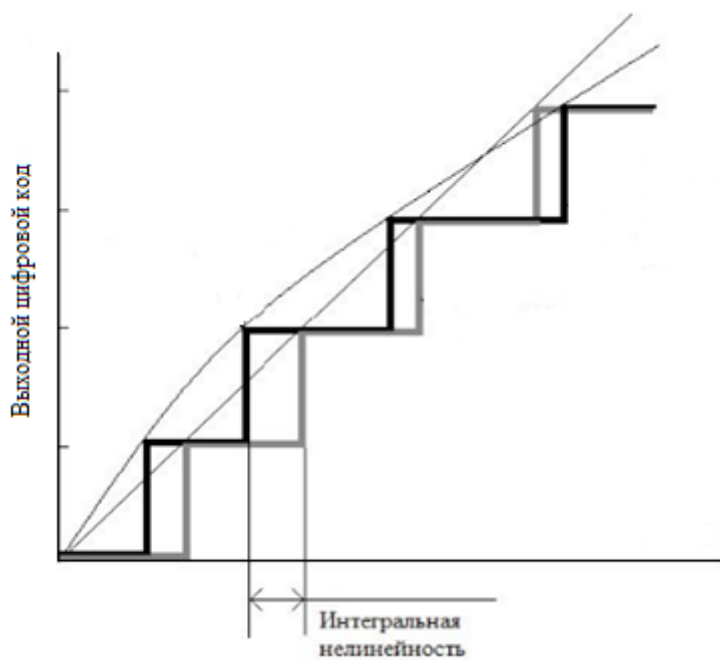


Рис. 6. Интегральная нелинейность

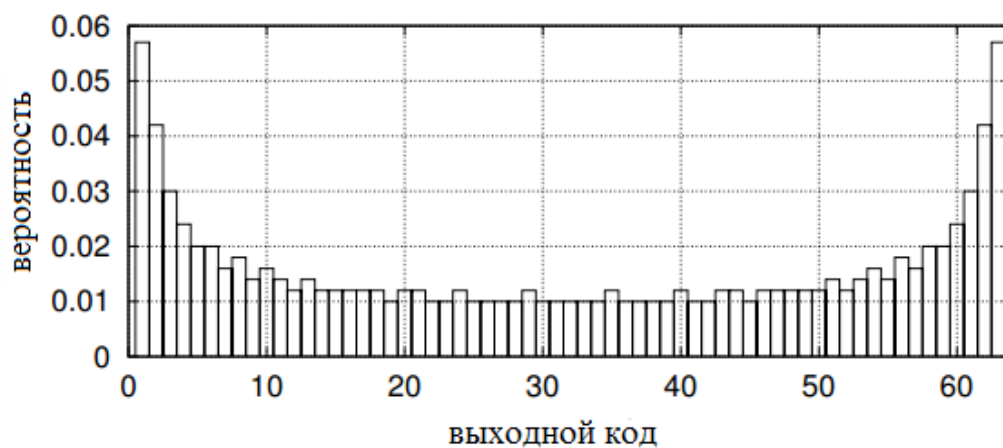


Рис. 7. Распределение кодов в реальном АЦП

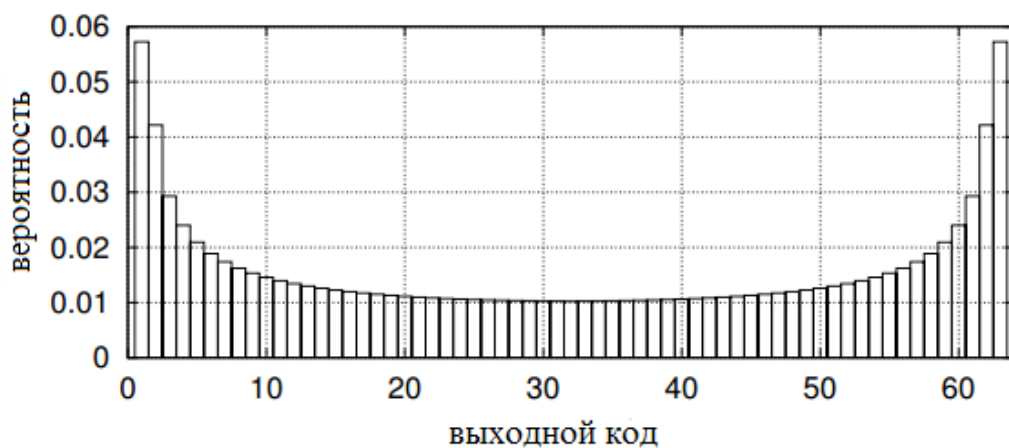


Рис. 8. Распределение кодов в идеальном АЦП

$$K = (n_{\max} - n_{\min} + 2) / 2^N.$$

Дифференциальная нелинейность рассчитывается по следующей формуле:

$$DNL(n) = \frac{n}{MP(n)} - 1$$

где:

$n$  — номер цифрового кода;

$M$  — количество отсчетов (длина выборки);

$P(n)$  — вероятность распределения  $n$ -го кода.

Интегральная нелинейность рассчитывается как:

$$INL(n) = \sum_{i=0}^n DNL(i)$$

Следует отметить, что для использования гистограммного метода длина выборки должна быть большой. Существуют методики для получения нужного количества длины выборки:

$$\text{Number of Samples} = \frac{\pi 2^{N-1} \left(\frac{Z_{\alpha}}{2}\right)^2}{\beta^2}$$

где:

$N$  — разрядность АЦП;

$\beta$  — ошибка измерения DNL в LSB;

$\left(\frac{Z_{\alpha}}{2}\right)$  — уровень доверия.

Общие значения для уровня доверия:

90 %: 1, 645;

95 %: 1, 96;

99 %: 2, 576.

Например, для оценки нелинейностей гистограммным методом 12-ти разрядного АЦП с  $\beta = 0,1$  (LSB) и уровнем доверия 95 % требуется 2471678 отсчетов. Для уровня доверия 99 % требуется 4269446 отсчетов.

Гистограммный метод — простой в использовании метод расчета нелинейностей АЦП. Его недостаток в том, что изначально требуется знать плотность распределения цифровых кодов. Кроме того, он не может похвастаться большой точностью.

Литература:

1. Histogram Testing Determines DNL and INL Errors. Режим доступа: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/2085>
2. Как работают аналогово-цифровые преобразователи и что можно узнать из спецификации на АЦП. Режим доступа: <http://www.efo.ru/doc/Silabs/Silabs.pl?2089>
3. Kent, H. Lundberg. Analog-to-Digital Converter Testing.

## Проектирование гидросистемы подъемного механизма на УАЗ Патриот для снятия-установки колёс и вездеходных гусеничных устройств

Бруданов Антон Михайлович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*В статье рассматривается задача обеспечения автомобиля УАЗ Патриот устройством для быстрого монтажа/демонтажа колёс и вездеходных гусеничных устройств. Приводится описание конструкции и работы гидравлического подъемника, расчетная гидравлическая схема. Производится выбор гидроаппаратуры. Рассмотрены слабые и сильные стороны системы.*

**Ключевые слова:** гидравлическая система, автомобильное подъемное устройство, гидроцилиндр, гидронасос, автомобиль, автоматический домкрат, гидравлический домкрат

## Design of hydraulic hoist on the UAZ Patriot-removal of the wheels and all-terrain tracked devices

A. M. Brudanov

*The article discusses the problem of providing a vehicle UAZ-Patriot device for quick assembly / disassembly of wheels and all-terrain tracked devices. The description of the construction and operation of hydraulic lift, hydraulic circuit design. Produced selection of hydraulic equipment. We consider the strengths and weaknesses of the system.*



**Keywords:** Hydraulic system, car lifting device, hydraulic cylinder, hydraulic pump, car, auto jack, hydraulic jack

Недостаточно развитая дорожная сеть России в районах Севера, Сибири и Дальнего Востока, вызывает большие затруднения в осуществлении транспортных операций при геологоразведке, нефте- и газодобыче, промышленном и дорожном строительстве, обслуживании предприятий энергетики и связи, сельского и лесного хозяйства, устранении чрезвычайных ситуаций. Особенно это относится к эксплуатации колесных машин в зимний период, когда почти девяносто процентов территории РФ устойчиво покрываются снегом на длительный срок, когда их передвижение не только затрудняется, но часто исключается совсем. Одним из эффективных, средств повышения проходимости колесных машин по снегу является применение вездеходных гусеничных движителей.

Гусеничные движители устанавливаются взамен штатных колес. Для установки движителей на автомобиль необходимо иметь специальный домкрат. Процедура установки занимает несколько часов, и производить ее должны специально обученные люди.

Для того чтобы облегчить процедуру установки ВГД на автомобиль, было принято решение разработать гидравлическую систему для подъемного механизма автомобиля. Такая система позволит производить быструю замену гусеничных движителей на штатные колеса, без участия специальных рабочих при различных внешних факторах.

### Описание конструкции и работы системы

На автомобиль предполагается установка гидравлической системы, которая будет включать в себя: четыре гидравлических цилиндра для подъема и опускания кузова, шестеренный насос, предохранительный клапан, секционный распределитель, гидрозамки и масляный бак с фильтром.

Для контроля положения кузова и работы гидросистемы требуется внедрить электрическую схему, включающую в себя: кнопку включения работы системы, датчик горизонтального положения кузова, блок управления и подачи сигналов на гидрораспределитель.

Насос будет приводиться в действие либо от поликлиновой передачи либо от вала отбора мощности на раздаточной коробке через электромуфту, спроектированной и выполненной после утверждения марки насоса. Гидрораспределитель с электромагнитным управлением получает сигналы от блока управления, который получает информацию от датчика горизонтального положения кузова и кнопки вкл/выкл работы системы. Датчик необходим для равномерного горизонтального подъема автомобиля.

Когда оператор приводит работу системы в действие нажатием кнопки, начинает работать насос, далее сигнал от блока управления поступает на 4х секционный гидрораспределитель с возможностью управления каждой секцией отдельно, который обеспечивает подачу

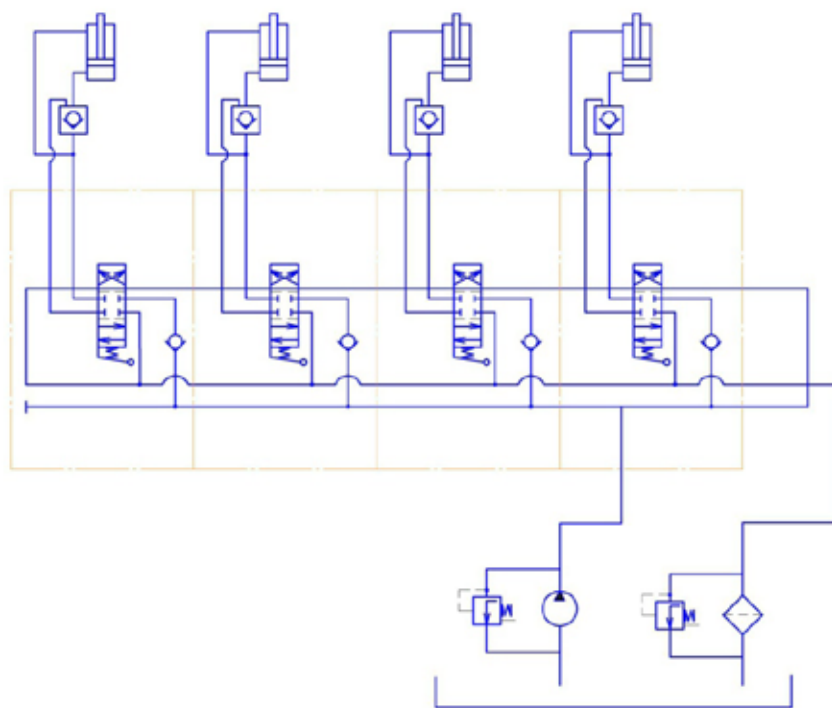


Рис. 1. Гидравлическая схема подъемного механизма на УАЗ Патриот для снятия-установки колёс и вездеходных гусеничных устройств

рабочей жидкости к гидроцилиндрам, расположенным под днищем автомобиля. Данная операция должна проводиться на твердом устойчивом грунте, имеющем относительно горизонтальную плоскость. Гидрозамки обеспечивают пропускание рабочей жидкости в одном направлении и служат устройством, обеспечивающим безопасность при нахождении автомобиля в поднятом положении.

Данная гидравлическая система является лишь пробным вариантом механизма подъема автомобиля. Необходимо решить еще множество конструкторских задач. Но заглядывая в будущее и учитывая существующие разработки, можно с уверенностью сказать, что такой механизм подъема может быть установлен на автомобиль и будет существенно упрощать процедуру замены штатных колес на вездеходные гусеничные движители.

#### Литература:

1. Михалин, П. А., Шины и цепи колесных лесных тракторов. Труды Международного симпозиума «Надежность и качество», 2 / 2007.
2. Малашкина, В. А., Гидравлика: Московский государственный горный университет, 2012—103 с.
3. Романович, Ж. А., Высоцкий В. А., Надёжность функционирования гидравлических и пневматических систем в машинах и аппаратах бытового назначения: Учебник: Дашков и К, 2012 — 272 с.
4. Справочное пособие по гидравлическим машинам и гидроприводам/ Я. М. Вильнер, Я. Т. Ковалев, Б. Б. Некрасов. — Минск: «Высшая школа», 1976. — 415 с.
5. Казак, А. В. Курсовое проектирование грузоподъемных машин. — М.: «Высшая школа», 1985
6. Пугин, К. Г, Юшков В. С., Бургунтдинов А. М. Развитие и современное состояние строительно-дорожной отрасли: учебное пособие; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Пермский нац. исслед. политехн. ун-т». Пермь, 2012. — 193 с.
7. Пугин, К. Г, Бургунтдинов А. М. Машины для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог. ч. 1. Дорожные катки и одноковшовые погрузчики — Пермь: Пермский нац. исслед. политехн. ун-т». Пермь, 2011. — 172 с.

## Обоснование оптимального комплекта машин для рубок ухода за лесом

Бухтояров Леонид Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент;  
Абрамов Виталий Викторович, кандидат технических наук, доцент;  
Троянов Игорь Николаевич, аспирант  
Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова

Калинин Павел Михайлович, аспирант  
Московский государственный университет леса

Для лесозаготовительных предприятий постоянно актуален вопрос принятия эффективных решений при выборе наилучших из возможных вариантов технологий, лесосечных машин или оборудования [1, с. 16].

На рубках ухода за лесом механизированный способ выполнения валки деревьев, очистки их стволов от сучьев, раскряжевки хлыстов преобладает и будет, по всей видимости, преобладать в будущем [7, с. 17]. В настоящий момент наибольшей популярностью пользуется зарубежный бензиномоторный инструмент в основном немецкого и шведского производства [2, с. 75]. Большое разнообразие различных марок бензопил с индивидуальными мощностными характеристиками (рис. 1), а также возможных вариантов использования их в сочетании с различными типами трелевочных средств ставит вопрос научно-обоснованного выбора оптимального комплекта машин и механизмов применительно к конкретным условиям производства и природной среды [3, с. 37].

Из трелевочных средств для рубок ухода по-прежнему остаются актуальными сельскохозяйственные тракторы на колесном ходу оснащенные: лебедками, оборудованием и приспособлениями для чокерной трелевки; устройствами и захватами бесчокерными; манипуляторными средствами (рис. 2).

В качестве критерия оценки эффективности функционирования системы машин в различных природно-производственных условиях представляется целесообразным использовать показатель удельных приведенных энергозатрат:

$$\mathcal{E}_{уд} = \frac{N \cdot t_{ц}}{P_{см}}, \quad (1)$$

где  $N$  — номинальная мощность двигателя исследуемой машины или механизма, кВт;

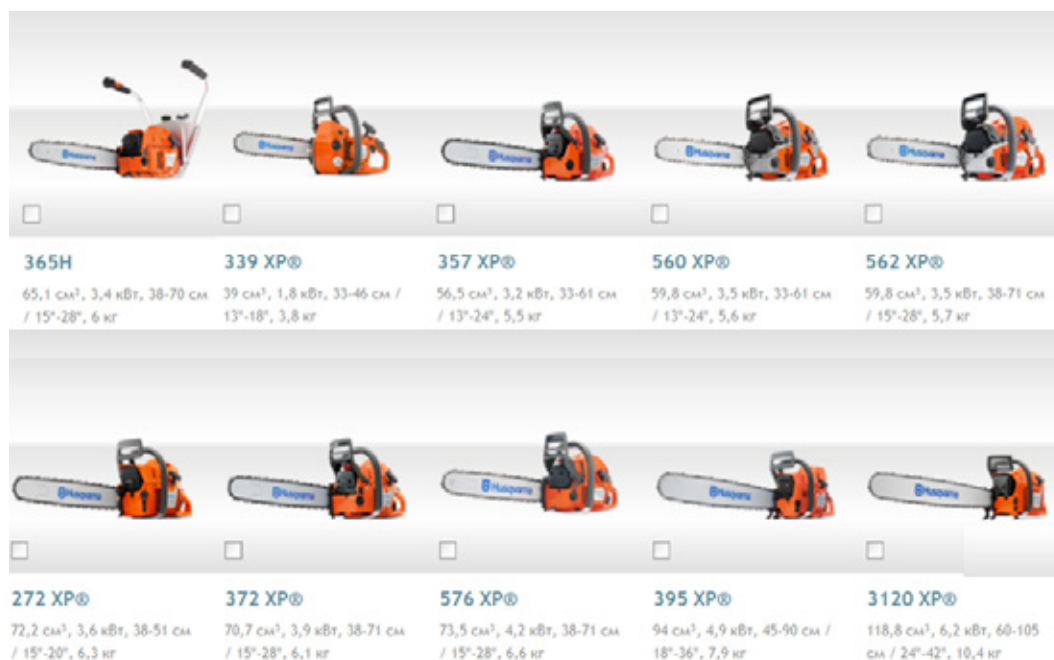


Рис. 1. Различные марки современных бензопил фирмы «Хускварна»

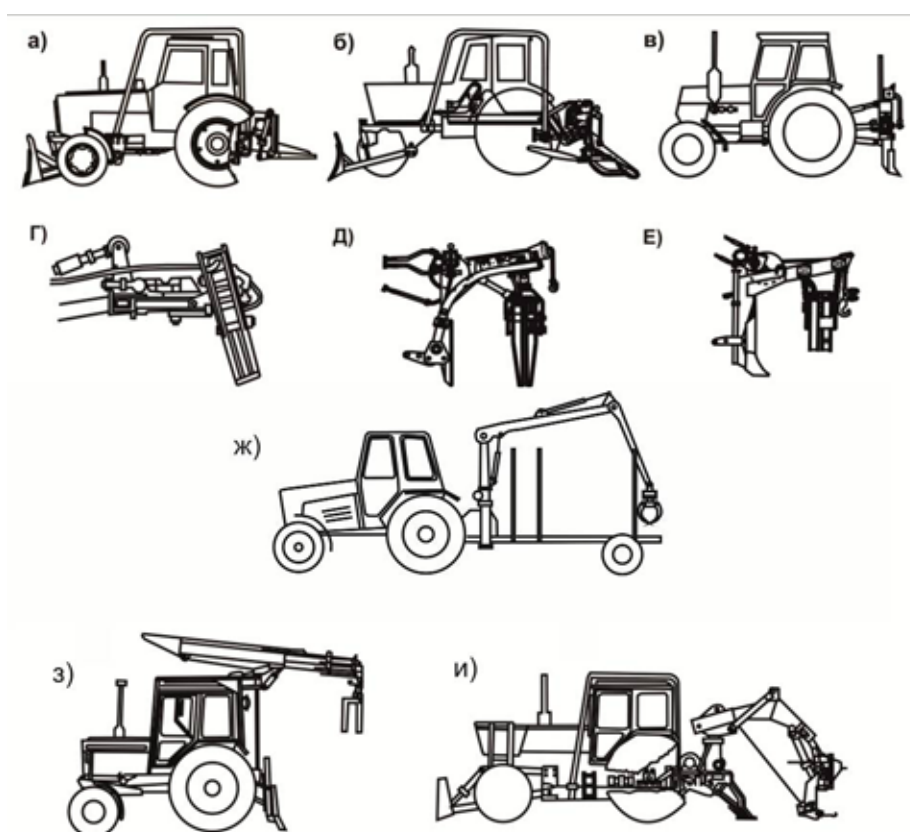


Рис. 2. Различные типы и марки трелевочной техники для рубок ухода за лесом: а) ЛТН-1 — лебедка трелевочная навесная, б) ЛТП-2 — лебедка трелевочная прицепная, в) ПТН-10А — приспособление трелевочное навесное; г) ПТН-0,8 «Муравей» — приспособление трелевочное навесное; д) ЗТН-0,8 — захват трелевочный навесной; в) ЗТЛ-2 — захват трелевочный лесной; ж) МТТ-10 — машина трелевочная; з) ПДТ-0,3 — подтрелевщик древесины тракторный; и) ПС-1,5 — активный полуприцеп

$t_{ц}$  — продолжительность цикла выполнения исследуемой операции, ч.;  
 $P_{см}$  — сменная производительность исследуемой машины или механизма, м<sup>3</sup>.

Удельные приведенные энергозатраты являются комплексным оценочным показателем эффективности функционирования операционных процессов, позволяющих сравнивать и однозначно выбирать из конкурирующих вариантов наиболее эффективный для определенного сочетания параметров, характеризующих предмет труда и окружающую среду [5, с. 48].

Формирование оптимального комплекта машин для заданных природно-производственных условий представляется целесообразным начинать с выбора трелевочного средства определенного типа, так как от этого зависит вся последовательность операций технологического процесса лесосечных работ [6, с. 75]. В этой связи было предложено исследовать работу следующих трелевочных средств: тракторов агрегатированных трелевочными лебедками навесными Т-40+ЛТН-1 и МТЗ-52+ЛТП-2; тракторов агрегатированных трелевочными захватами навесными Т-40+ЗТН-0,8 и МТЗ-82+ЗТЛ-2; тракторов агрегатированных активными полуприцепами МТЗ-82+ПЛ-9+ГМ-42 и Т-40+MPV-7000. Из бензиномоторного инструмента для комплектования в систему с трелевочным средством исследовалась в различных технологических вариантах работа следующих марок: Урал-70; Дружба 4 М; Тайга 214; МП-5 Урал-2 Штиль 039; Штиль 036 Штиль 023; Штиль 029; Хускварна 262 ХРН; Хускварна 268; Хускварна 242; Хускварна 254 ХР [4, с. 46].

Результаты, полученные при проведении имитационного эксперимента по определению удельных приведенных энергозатрат использования выбранных трелевочных средств и бензопил в различных технологических вариантах применительно к конкретным природно-производственным условиям ТОГАУ «Челнавский лесхоз» (Тамбовская область) представлены на рис. 3.

Анализ данных имитационного эксперимента выявил три наиболее предпочтительных разнотипных комплекта машин. Первый вариант: валка — б/п Штиль 039; очистка сучьев — б/п Хускварна 242; трелевка хлыстов — Т-40+ЛТН-1; раскряжевка — Хускварна 268. Второй вариант: валка — б/п Штиль 039; Очистка сучьев — б/п Хускварна 242; трелевка хлыстов — Т-40+ЗТН-0,8; раскряжевка — Хускварна 268. Третий вариант: валка, очистка сучьев, раскряжевка — б/п Штиль 029; трелевка сортиментов — Т-40+MPV-7000. При этом третий вариант по среднему показателю удельных приведенных энергозатрат оказался наиболее оптимальным, в связи с чем, и был рекомендован в условиях ТОГАУ «Челнавский лесхоз».

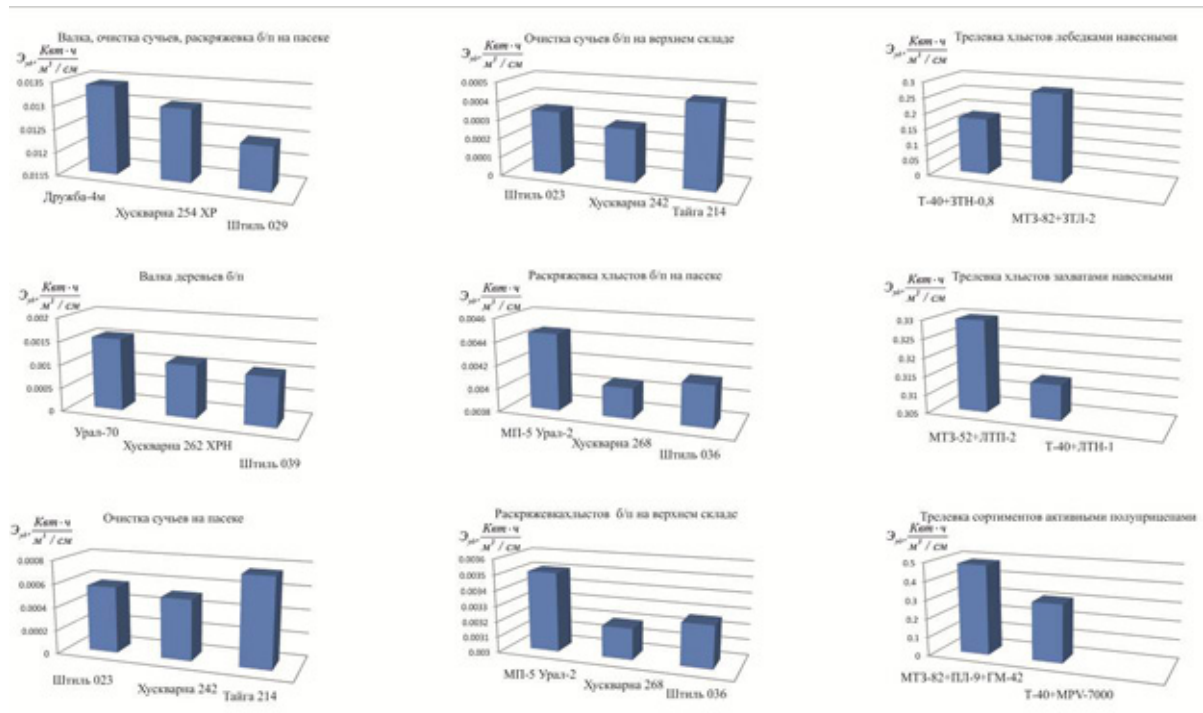


Рис. 3. Обоснование оптимального комплекта бензиномоторного инструмента и трелевочного средства

Приведенные затраты предлагаемого варианта по сравнению с базовым (ПЗ):

$$ПЗ_{\sigma} = C_{\sigma} + E_K \cdot k = 293.4 + 0.15 \cdot 45.04 = 300.1 \text{ р} / \text{м}^3; \tag{2}$$

$$ПЗ_{np} = C_{np} + E_k \cdot k = 243.6 + 0.15 \cdot 56.85714 = 252.2 \text{ р / м}^3;$$

где  $C$  — себестоимость продукции, руб./м<sup>3</sup>;

$E_n$  — нормативный коэффициент экономической эффективности;

$k$  — удельные капиталовложения, руб./м<sup>3</sup>.

Возможный прирост прибыли за счет снижения эксплуатационных затрат (П):

$$П = (C_{\sigma} - C_{np}) \cdot Q_{np} = (293.4 - 243.7) \cdot 28000 = 1391087.3 \text{ руб.}; \quad (3)$$

где  $Q_{np}$  — годовой объем производства лесоматериалов, руб./м<sup>3</sup>.

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{год} = (ПЗ_{\sigma} - ПЗ_{np}) \cdot Q_{np} = (300.1 - 252.2) \cdot 28000 = 1341467.3 \text{ руб.} \quad (4)$$

Срок окупаемости:

$$T = \frac{K_{np} - K_{\sigma}}{C_{\sigma} - C_{np}} = \frac{56,85 - 45,04}{293,37 - 243,69} = 0,23 \text{ года}; \quad (5)$$

где  $K$  — капиталовложения, руб.

Анализ полученных показателей, говорит о том, что обоснованный с позиции удельных приведенных энергозатрат оптимальный комплект машин и механизмов применительно к ТОГАУ «Челнавский лесхоз» является экономически более эффективным по сравнению с используемым на предприятии.

Литература:

1. Абрамов, В. В. Трелевка леса в малолесных районах России: деп. рукопись [Текст] / Воронеж. гос. лесотехн. акад. — Воронеж, 2005. — 63 с.
2. Абрамов, В. В. Обоснование оптимального комплекта бензиномоторного инструмента в различных природно-производственных условиях лесозаготовок [Текст] / В. В. Абрамов, А. И. Серебрянский, С. Н. Бабкин // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2014. — Т. 2. — № 2–3 (7–3). — с. 74–79.
3. Абрамов, В. В. Совершенствование трелевки на основе оптимизации процесса при выполнении рубок промежуточного пользования [Текст] / В. В. Абрамов // Научный вестник Воронежской государственной лесотехнической академии / под ред. В. М. Бугакова; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». — Воронеж, 2009. — Вып. 1 (6). — с. 36–40. — Библиогр.: с. 40 (5 назв.).
4. Абрамов, В. В. Техничко-экономическое обоснование рациональных технологических параметров трелевки для малолесных районов [Текст] / В. В. Абрамов // Научный вестник Воронежской государственной лесотехнической академии / под ред. В. М. Бугакова; Фед. агентство по образованию, ГОУ ВПО «ВГЛТА». — Воронеж, 2009. — Вып. 1 (6). — с. 41–48. — Библиогр.: с. 48 (1 назв.).
5. Абрамов, В. В. Разработка и обоснование эффективной технологии трелевки в малолесных районах [Текст]: дис... к-та техн. наук: 05.21.01 / В. В. Абрамов. — Воронеж: ВГЛТА, 2009. — 288 с.
6. Афоничев, Д. Н. Математическое обеспечение системы автоматизированного проектирования объектов производственно-транспортной инфраструктуры лесопромышленного комплекса [Текст] / Д. Н. Афоничев, А. Д. Данилов, В. С. Петровский // Лесотехнический журнал. — 2014. — № 1. — с. 74–79.
7. Афоничев, Д. Н. Формирование проектных решений в автоматизированной системе проектирования объектов лесопромышленного комплекса [Текст] / Д. Н. Афоничев, П. С. Рыбников // Моделирование систем и процессов. — 2012. — Вып. 4. — с. 16–19.



## Теоретические основы проектирования мостовых сооружений с учётом землетрясений

Гаппаров Бехзод Нематиллаевич, ассистент;  
Каримов Илгор Рауф угли, студент;  
Очилова Азиза Абдумумин кизи, студент  
Джизакский политехнический институт (Узбекистан)

*В статье излагается методика расчёта колебаний мостовых сооружений и сейсмического действия природного тектонического землетрясения с учётом конструктивной особенности.*

**Ключевые слова:** мосты, сооружения, землетрясения, сила инерции, ускорение, надёжность, грунт

Современная теория проектирования мостовых сооружений с учётом собственных колебаний требует достоверных справочных данных по динамическим характеристикам конструкций.

Особый интерес и трудность представляет то, что в данном случае как бы сочетаются две неизвестные системы: с одной стороны динамика любой мостовой конструкции в определённой степени оригинальна, а с другой стороны проблематично утверждать об изучённости такого явления, как землетрясения.

При теоретическом расчёте мостовых сооружений на действие естественных землетрясений полагается, что действие последнего эквивалентно силам инерции, действующим на сооружения при землетрясении. Величина этих сил по закону Ньютона принимается равной массе рассматриваемого элемента, умноженной на ускорение частиц грунта при колебании. Действительное ускорение мостовых сооружений при колебании заменяется ускорением частиц грунта при землетрясении.

Надёжность мостовых сооружений во многом определяется точностью динамических расчётов на сейсмические воздействия, что в свою очередь зависит от правильного выбора расчётной модели мостовых конструкций и точного определения динамических характеристик (частот, форм и декремента колебаний) сооружений. А оценка сейсмического действия природного тектонического землетрясения на мостовое сооружение производится по величине ускорения смещение грунта, вызываемого землетрясением в баллах.

Таким образом, встаёт вопрос о периодах, декрементах и формах свободных колебаний мостовых сооружений, поскольку эти характеристики являются исходными данными для теоретического расчёта по существующим строительным нормам и правилам сейсмических нагрузок, действующих на сооружения.

Поэтому следует отметить, что учёт влияния землетрясений на надёжность собственных колебаний мостовых сооружений является актуальной проблемой.

При этом для расчёта применяется вариационное уравнение и кинематические граничные условия задачи об изгибных собственных колебаниях балки. Вариационная задача решается методом конечных элементов, для этого который разработана специальный алгоритм.

После конечно-элементной дискретизации задача сводится к алгебраической задаче о собственных значениях, в которой определяется методом Мюллера, а собственные векторы — методом квадратного корня.

Однако, если преобладающие периоды колебаний грунта при сильных землетрясениях располагаются в интервале времени **0,1–0,5 сек**, то основными с позиции сейсмических расчётов являются не только изгибная форма, но и другие формы колебаний, значения периода которых близки к преобладающим периодам сейсмических воздействий.

В данном случае колебания происходят вдоль одной прямой, то для определения положения (смещения) мостового перехода (балки) в любой момент времени достаточно одной координаты. Выберем координатную ось  $O_x$  направленную вертикально вниз, за начало отсчёта примем точку, в которой находится центр масс мостового сооружения в положении равновесия.

При смещении его на расстояние  $x_1$  (рис.1.) от положения равновесия на него действует дополнительно к уравновешенным силам сила упругости:

$$F_{упр} = -K \cdot x_1 \quad (1) \text{ где } K \text{ — жёсткость материала моста.}$$

Под действием сейсмической силы мост, смещаясь вниз приобретает ускорение  $a_x = \frac{F_{упр}}{m} = -\frac{K}{m} x_1$

Зная начальные значения скорости и смещения  $v_0$  и  $x_0$ , а также жёсткость  $K$  и массу  $m$  мостового сооружения, можно определить силу упругости, действующую на мост, и ускорение  $a_0$ , которое оно получает под действием сила землетрясений в начальной момент времени  $t=0$ .

По найденному ускорения определяем скорость в середине интервала времени  $\frac{V_{\Delta t}}{2}$ :

$$V_{\frac{\Delta t}{2}} = V_0 + a_0 \frac{\Delta t}{2}; \quad a_0 = \frac{K}{m} \cdot x_0;$$

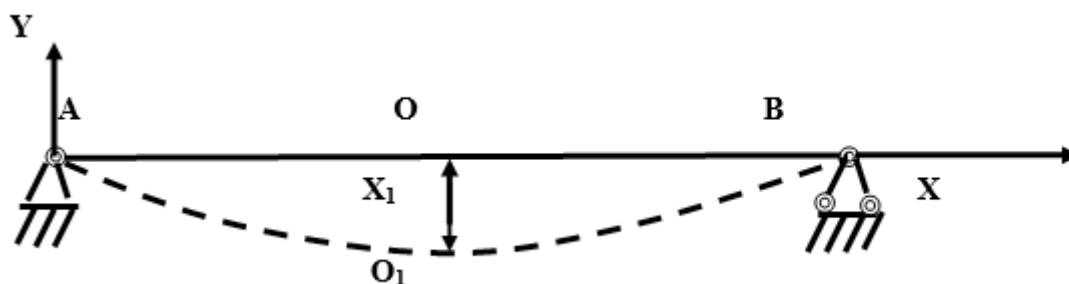


Рис. 1

Полученное значение скорости позволяет рассчитать смещение моста (балки) к концу землетрясения (толчка).

$$x_1 = x_0 + V_{\frac{\Delta t}{2}} \cdot \Delta t; \text{см.} \quad \text{Это соответствует,}$$

в нашем примере допустим при  $t_0=0$ ,  $x_0=0,2$  м и  $v_0=0$ . Где  $x_0$  — смещение моста вниз от собственного веса  $x_0=0,2$  м.

Жёсткость определяется опытным путём (заданы) по формуле  $K = \frac{F}{X}$ , Н / м  $\Delta t$  — интервал толчка при землетрясения  $\Delta t = 0,1$  сек.

Дальнейший расчёт показывает, что смещение моста останавливается в конце точка  $x_1$ , и обратно смещается вверх. При этом его смещение становится отрицательным.

Таким образом, данная методика расчёта колебаний мостовых сооружений позволяет теоретически определить величину смещений (колебаний) мостовых сооружений, воспринимающего при землетрясений и сравнивать его с допускаемым значениям. Установить предполагаемого значения изгибных колебаний в зависимости от периодов толчка и сейсмического действия природных тектонических землетрясений с учётом конструктивной особенности, реальных геометрических размеров и весов.

Литература:

1. О. Ф. Кабардин и др. Факультативный курс физики. Москва. «Просвещение», 1973 г. Стр. 92–93.
2. Н. А. Ковалёв Прикладная механика. Москва. «Высшая школа», 1982 г.
3. А. Ф. Смирнов и др. Соппротивление материалов. Москва. «Высшая школа», 1975 г.

## Совершенствование конструкции колодочного тормоза грузоподъёмных сооружений с учётом условия и законов статики

Гаппаров Бехзод Нематиллаевич, ассистент;  
 Каримов Илгор Рауф угли, студент;  
 Очилова Азиза Абдумумин кизи, студент  
 Джизакский политехнический институт (Узбекистан)

*В статье изложена конструкции колодочного тормоза грузоподъёмных сооружений за счёт уменьшения действующей силы.*

**Ключевые слова:** колодка, конструкция, сооружения, барабан, сила инерции, давление, блок

Исследование динамики грузоподъёмных сооружений имеет цель, во-первых, найти законов движения входных звеньев, во-вторых, определить силы, действующие на звенья механизмов, и в конечном счёте усовершенствовать их конструкции с учётом этих взаимодействующих сил.

Во многих производственно-технических задачах будут интересовать не физическая природа действующих сил (в том числе в грузоподъёмных сооружениях), а только их равновесия. Равновесия механизмов грузоподъёмных сооружений зависит только правильного учёта величина, направления действия и место расположения действующих сил рассма-

триваемой элементов конструкции. С этой точки зрения все силы можно подразделить на массовые, или объёмные, и поверхностные (силы тяжести, упругости, по принципу даламберовы силы инерции). Вторые приложены к элементам некоторой части поверхности звена (силы сухого и жидкого трения, силы нормального давления соседнего звена). Вопросы равновесия грузоподъёмных сооружений является первостепенным условием их безопасной работы и решаются эти задачи в основном с учётом сила трения.

Если взаимного перемещения тел нет, а на тело действует сила пытающаяся вызвать движение, то на него будет действовать и сила трения покоя.

Рассмотрим равновесия колодочного тормоза с учётом сил сцепления (рис. 1 и рис. 2).

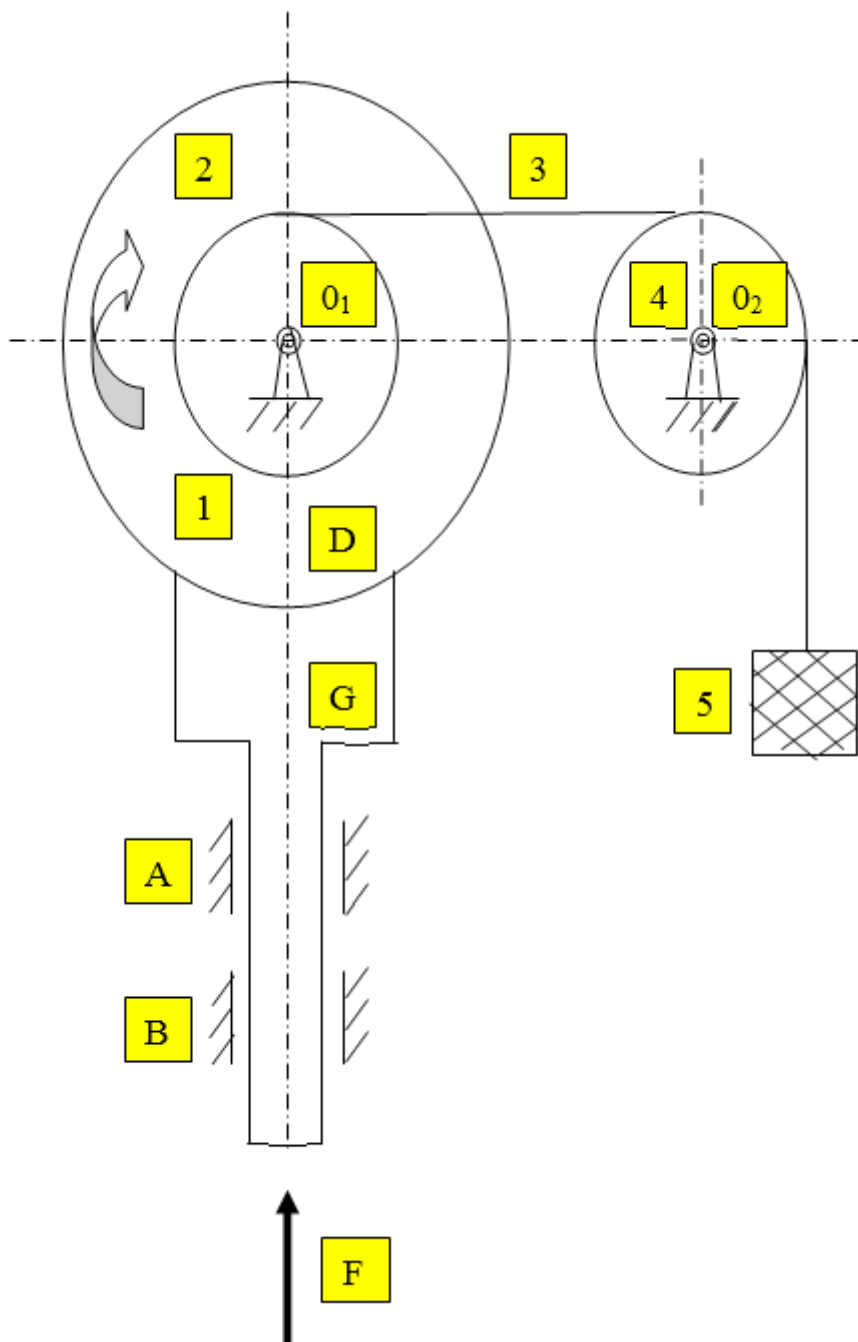


Рис. 1. Схема равновесия колодочного тормоза

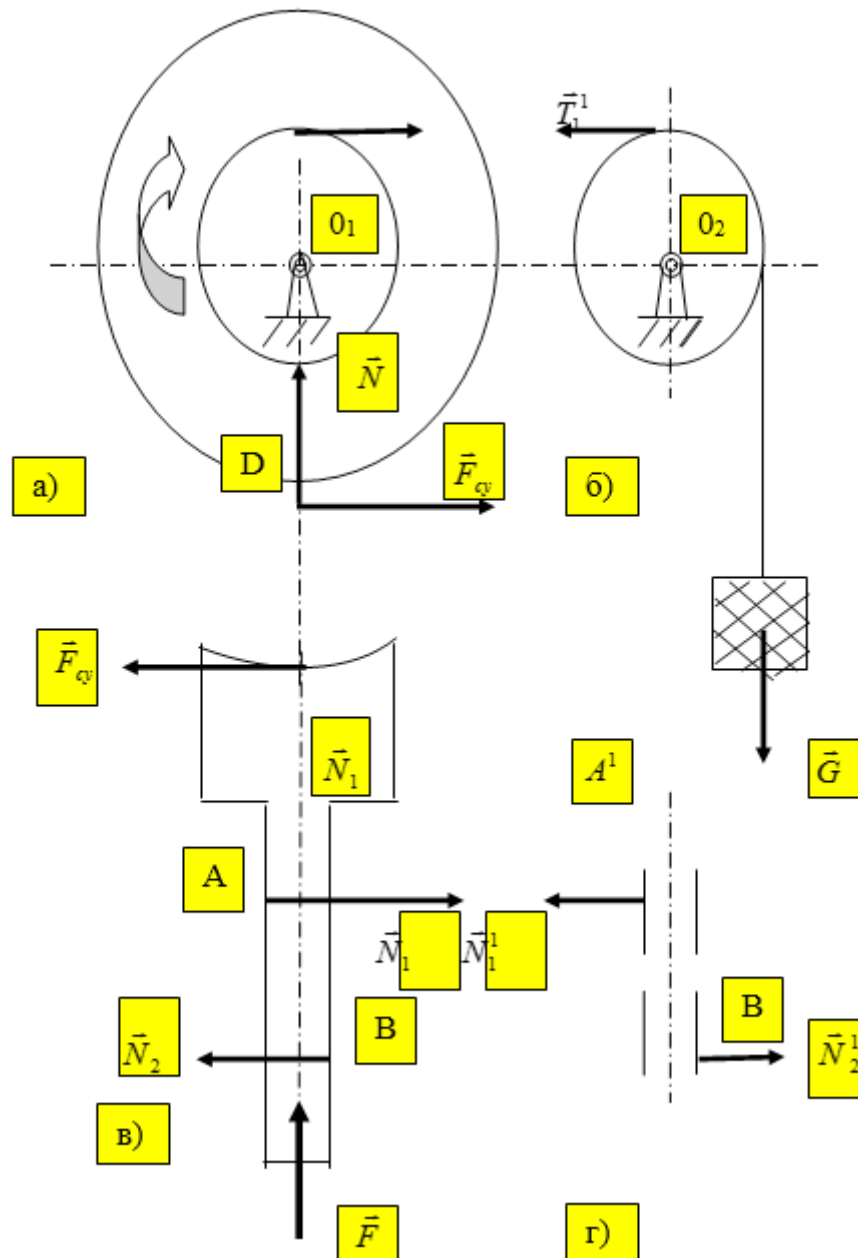


Рис. 2. Схема равновесия колодочного тормоза с учётом сил сцепления

Из рис.2 видно, что груз удерживается с помощью колодочного тормоза. Колодка тормоза с помощью осевого усилия  $\vec{F}$  прижимается к тормозному барабану. Сила трения зависит от модуля силы  $N$ , которая, в свою очередь, зависит от модуля действующей силы  $F$  и при определённом модуле силы  $F$  сила трения может затормозить механическую систему и удерживать её в состоянии равновесия.

**Рассмотрим равновесия трёх элементов данной механической системы.**

Равновесие блока 4 обеспечивается равенством сил  $\vec{G}$  и  $\vec{T}^1$  ( $\vec{G}$  - сила тяжести груза,  $\vec{T}^1$  - сила натяжения троса). Равновесие шкива 1, жёстко связанного с тормозным барабаном 2, обеспечивается определённым соотношением сил  $\vec{T}$  и  $\vec{F}_{cy}$  по условию равенства их моментов относительно точки  $O_1$ . Сила  $\vec{F}_{cy}$  будет во столько раз меньше силы натяжения троса  $T$ , во сколько раз радиус тормозного барабана больше радиуса приводного шкива.

Равновесие штанги колодочного тормоза обеспечивается следующими соотношениями:

$$F = N^1; N_1 = N_2 + F_{cy}^1; N_1 \cdot AB = F_{cy}^1 \cdot BD \text{ или } (N_2 \cdot AB = F_{cy}^1 \cdot AD).$$

Направление сил  $\vec{N}_1$  и  $\vec{N}_2$  легко установить, рассмотрев характер взаимодействия штанги колодочного тормоза с подшипниками.

Сопоставляя равенства  $(N_2 \cdot AB = F_{cy}^1 \cdot AD)$ . и  $N_1 \cdot AB = F_{cy}^1 \cdot BD$ , можно сделать вывод, что  $N_1 > N_2$ . Достаточно второе равенство разделить на первое, и мы узнаем, во сколько раз  $N_1 > N_2$ .

Зная это условия и законов статики можно усовершенствовать конструкции колодочного тормоза за счёт уменьшения действующей силы  $F$ , оставляя технические возможности механической системы по прежними (рис.3).

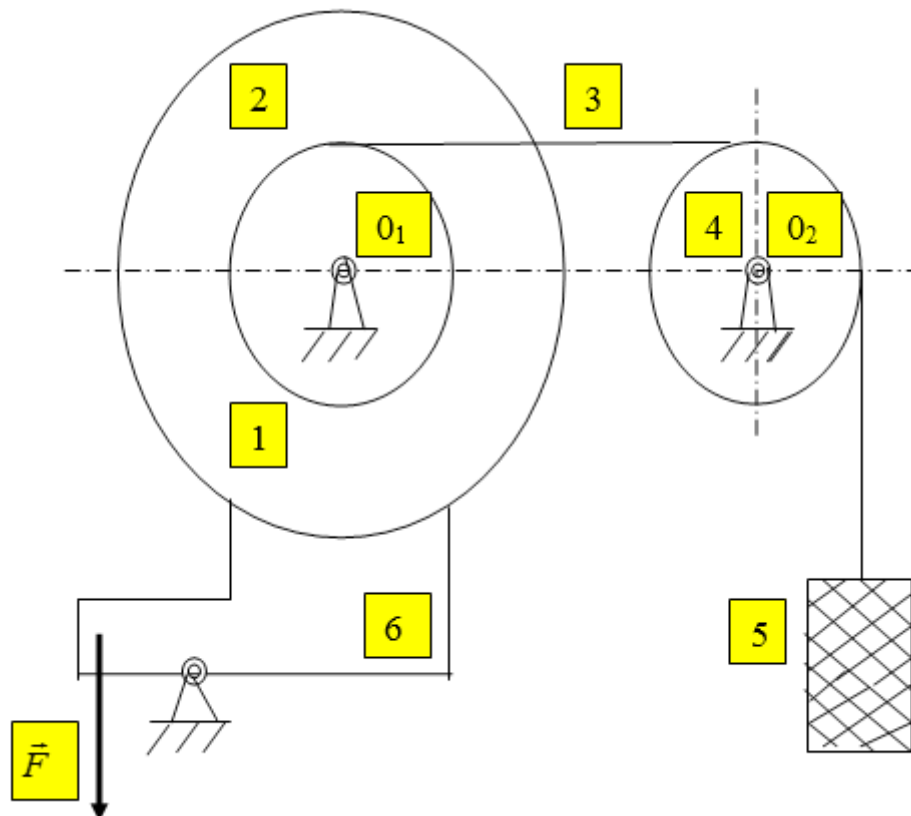


Рис. 3. Схема конструкции колодочного тормоза грузоподъёмного сооружения

Литература:

1. А. С. Иванов, А. Т. Прокоза «Мир механики и техники», Москва, «Просвещение», 1993 год.
2. Н. А. Ковалёв, «Прикладная механика», Москва. «Высшая школа», 1982 г.
3. О. Ф. Кабардин и др. «Факультативный курс физики», Москва. «Просвещение», 1977 год.
4. Е. М. Никитин. «Теоретическая механика», Москва. «Высшая школа», 1975 г.



## Основные факторы, влияющие на процесс заилиenia малых и средних русловых водохранилищ

Давранов Гуламжан Турабович, кандидат технических наук, доцент;  
Ирмухамедова Людмила Хасановна, кандидат технических наук, доцент  
Ташкентский институт ирригации и мелиорации (Узбекистан)

Заилиения и занесения верхних бьефов малых и средних русловых водохранилищ, построенных на взвешенных водотоках, являются весьма сложными процессами которые зависят от гидрологических, гидравлических, гидротехнических, эксплуатационных и других факторов. Одним из основных факторов является режим работы водохранилищ.

Режим работы любого водохранилища устанавливается исходя из его целевого назначения, гидрологического режима регулируемого водного источника и много других факторов. Режим работы водохранилищ должен обеспечивать: выполнение народно-хозяйственного плана по созданию запаса воды; нормальную работу гидротехнических сооружений водохранилищного узла; минимальный объем заилиения чаши водохранилища и сброс в нижний бьеф возможно большей части твердого стока реки, возможность периодических промывок в нижний бьеф наносных, отложений образующихся в водохранилище; сокращение потерь воды из водохранилища на испарение с поверхности зеркала и на фильтрацию в грунты чаши и обход плотины; ослабление интенсивности подъема кривой подпора в русловой части водохранилища, вследствие интенсивного осаждения в ней крупных фракций наносов и уменьшение зоны затопления прибрежных территорий.

Малые и средние русловые водохранилища, построенные в адырных зонах Узбекистана, предназначенные для орошения сельскохозяйственных земель и задержания ливневых паводков, на малых и средних водотоках осуществляют полную аккумуляцию всего твердого стока этих водотоков. Эти водохранилища являются водохранилищами сезонного регулирования, которые наполняются в осенне-зимний период и опорожняются в течении вегетационного периода с апреля по сентябрь. По данным многолетних гидрологических исследований в осенне-зимнем периоде используемая для наполнения малых и средних водохранилищ среднесуточной расход воды питающих водотоков составляет от 0,3 до 10,0 м<sup>3</sup>/с. Во время наполнения малых и средних водохранилищ адырной зоны в их чашах оставляют запас емкости порядка 1,0...3,0 млн. м<sup>3</sup>, на случай регулирования возможного катастрофического ливневого паводка. Для этого наполнение водохранилища межженным осенне-зимним стоком прекращают когда уровень воды в водохранилище достигнет отметки на 1,0...2,0 м ниже отметки НПУ.

Для более полной характеристики режима работы малых водохранилищ Ферганской долины подробнее рассмотрим собранные нами данные эксплуатации водохра-

нилища Чартакского гидроузла, который эксплуатируется с 1974 г. Постоянный в течение года ток воды р. Чартаксай имеет расходы колеблющиеся в пределах от 2,0 м<sup>3</sup>/с до 10 м<sup>3</sup>/с. Прохождение по реке расходов ливневых паводков отличающихся внезапностью появления, высокой мутностью воды и кратковременностью, часто вызывало переполнения русла Чартакская и затопление его густо заселенной долины, ширина которой колеблется от 300 до 500 м. Построенный Чартакский водохранилищный гидроузел использует чашу, образованную в долине реки перегораживающей ее земляной плотиной. Водохранилище обычно наполняют до отметки на 1,0–2,0 м ниже НПУ, создавая резервную призму для регулирования паводков, объемом 2,0...3,0 млн. м<sup>3</sup>. Узел гидротехнических сооружений водохранилища кроме плотины включает двухочковый трубчатый водовыпуск из железобетонных труб сечением каждого 2 x 2,5 м. Порог водовыпуска заложен на отметке уровня мертвого объема. Расчетный максимальный расход водовыпуска при НПУ — 30 м<sup>3</sup>/с. Регулирование расхода осуществляется рабочими затворами, установленными в специальной камере в средней части труб водовыпуска. Кроме водовыпуска узел сооружений имеет катастрофический водосброс по типу открытого водослива. Гребень водослива заложен на отметке НПУ и предусмотрен на пропуск расхода воды 50 м<sup>3</sup>/с

Интенсивное наполнение водохранилища производится со второй половины октября до начала февраля, когда в нем аккумулируют почти весь поступающий речной сток. Начиная с февраля месяца возможно появление ливневых паводков. Поэтому февральские битовые расходы реки, поступающие в водохранилище, транзитом пропускаются в его нижний бьеф. Дальнейшее же наполнение водохранилища до НПУ к началу вегетации осуществляют за счет задержания паводков. Аналогичные графики режима работы имеют водохранилища Карасувского, Кара-мурутского, Эскиерского и другие гидроузлов Ферганской долины.

Серьезным недостатком описанного режима работы малых водохранилищ адырной зоны Ферганской долины является, то обстоятельство, что из-за необходимости аккумулировать осенне-зимний сток водотока к моменту начала появления ливневых паводков, водохранилище оказывается в значительной мере наполненным. Поэтому насыщенная большим содержанием наносов вода паводков, проходя через водохранилища отлагает в нем значительную часть содержащихся наносов, резко увеличивая его заилиение. Для более полной характеристики процесса аккумуляции наносов в чаше водохранилища и сброса

их в нижний бьеф, при описанном выше режиме работы, приведем некоторые результаты натурных наблюдений. В Чартакское водохранилище 31 мая 1998 года поступил ливневый паводок, с пиковым расходом  $248 \text{ м}^3/\text{с}$ , максимальной мутностью  $310 \text{ кг}/\text{м}^3$  и продолжительностью 16 часов. Перед началом паводка уровень воды в водохранилище был, на отметке 688,6 что на 1,4 м ниже отметки НПУ. При этом в водохранилище по проектному графику оставалась резервная призма регулирующей емкости 1,6 млн.  $\text{м}^3$ . В начале паводка через водовыпуск водохранилища в нижний бьеф сбрасывался расход порядка  $8..10 \text{ м}^3/\text{с}$ . По мере возрастания расхода паводка уровень воды в водохранилище повышался и приближался к отметке НПУ. Для уменьшения интенсивности этого подъема было увеличено открытие отверстий водовыпуска до полного подъема затворов, в результате чего расход воды, сбрасываемой в нижний бьеф, превысил  $30 \text{ м}^3/\text{с}$ . К моменту прохождения пика паводка и началу последовательного спада расходов, уровень воды в водохранилище превысило отметку НПУ и в работу был включен катастрофический водосброс плотины, максимальный расход через которого достиг  $20 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Характер протекания речного потока в чаша водохранилища во время прохождения рассматриваемого ливневого паводка, по нашим визуальным наблюдениям был, следующим. С момента начала паводка в водохранилище образовалось явно выраженное продольное течение мутной воды по русловой части чаши в сторону плотины, с очень медленным растеканием по ширине водохранилища, даже в его глубинной части. По мере увеличения расхода воды и ее мутности это течение становилось все более и более выраженным и его скорость увеличивалась. При этом в глубинной озерной части водохранилища значительно усилилась интенсивность растекания мутного потока по его ширине. По-видимому, это следует объяснить тем, что произошло значительное выравнивание и уполаживание дна водохранилища за счет наносных отложений предыдущих паводков, которые не только уменьшили продольный уклон дна, приблизив его у плотины к почти горизонтальному, но и заполнили все сколько-нибудь выраженные продольные загробления, оставшиеся от старых русел, существующих до постройки плотины. Мутное течение достигло плотины через 1,5...2,0 часа после начала паводка. К этому моменту мутность воды, сбрасываемой через водовыпуск, составляла  $7,75 \text{ кг}/\text{м}^3$ . Примерно через 3 часа после начала паводка уже в начале его спада зафиксирована максимальная мутность сбросной воды равная  $8,9 \text{ кг}/\text{м}^3$ . К середине фазы спада мутность сбросной воды понизилась до  $5,6 \text{ кг}/\text{м}^3$ , а в конце паводка составляла всего  $0,6 \text{ кг}/\text{м}^3$ . По нашим расчетам, произведенным на осно-

ваний измеренных расходов и мутностей воды на гидростворе перед входом в водохранилище и в нижнем бьефе, в водохранилище поступило 419,6 тыс.  $\text{м}^3$  наносов, из которых в нижний бьеф было сброшено только более 200  $\text{м}^3$ . Подобный характер отложений наблюдался также во время прохождения других паводков. При прохождении паводков с пиковыми расходами не более  $20 \text{ м}^3/\text{с}$  повышения мутности воды, сбрасываемой в нижний бьеф не происходило.

Наши наблюдения за ходом наполнения и опорожнения Чартакского водохранилища показали, что в период его наполнения и особенно во время поступления паводков основная масса речных наносов отлагаются вдоль ого мелководной русловой части. В период же опорожнения водохранилища в связи со снижением его уровня эти образовавшиеся наносные отложения постепенно размываются малыми расходами практически чистой водой и продукты этого размыва затем транспортируются в глубоководную озерную часть водохранилища, отлагаясь в пределах его мертвого объема. Отсюда следует, что заиливание мертвых объемов водохранилищ в основном происходит во время их опорожнения.

Кроме уроненного режима малых водохранилищ на аккумуляцию наносов в их чашах большое влияние оказывают расположение водопропускных сооружений плотин и их пропускная способность. У большинства этих водохранилищ порог водовыпусков закладывают на довольно высоких отметках, что исключает возможность промыва мертвого объема и сброса в нижний бьеф часть наносов из нижних слоев перед плотиной во время поступления в водохранилище ливневых паводков.

**Выводы.** Прохождение ливневых паводков через водохранилище, в период высоких уровней воды в нем приводит к аккумуляции более 95 % твердого стока в его чаше.

Процесс формирования наносных отложений в чаше водохранилища, в рассматриваемых условиях, можно разделить на два этапа. **Первый этап** — аккумуляция наносов в водохранилище в период прохождения паводка. В этом этапе основная масса наносов осаждаются в зоне полезного объема водохранилища. **Второй этап** — перереформирование образовавшихся наносных отложений в период сработки водохранилища для вегетационных поливов. В этом этапе часть наносных отложений, русловой части чаши, размывается ботовыми расходами водотока и переносится в зону мертвого объема водохранилища.

Оба этапа формирования наносных отложений в водохранилище являются сложными гидравлическими явлениями, зависящими от многих природных и эксплуатационных факторов. Детальное изучение последних в условиях натуры весьма затруднительно и требует проведения модельных исследований.

#### Литература:

1. Г.Т. Давранов, Ш. Рахматуллаев «Эффективная и надежная работа русловых водохранилищ — один из основных факторов в развитии земледелия в Узбекистане». Материалы международной научно-практической

- конференции «100-летие мелиоративной науки в России и 85-летие Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», Москва 24–25-ноябрь 2009, стр. 336–341.
2. Давранов, Г.Т. Режим работы малых водохранилищ адырных зон Ферганской долины и их заиление // Вопросы русловой гидротехники с учетом усиливающейся роли антропогенной деятельности в речных бассейнах Средней Азии /САНИИРИ. — Ташкент, 1990. — с. 40–48.
  3. Исмагилов, Х.А. Селевые потоки, русловые процессы, противоселевые и противопаводковые мероприятия в Средней Азии. — Ташкент: Мехнат, 2006. — 249 с

## Использование ультразвуковых волн для измерения расстояния до объектов

Емельянова Анастасия Андреевна, магистрант  
 Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

При разработке различных специальных систем часто возникает необходимость измерения расстояния до объекта. В настоящее время существует несколько методов измерения расстояния: индуктивный, оптический, ультразвуковой. Датчики, в основе которых лежит ультразвуковой метод, отличаются простотой устройства и удобством эксплуатации, а также обладают высокой надежностью и достаточно высокой точностью. Ультразвук является бесконтактным способом измерения, поэтому охватывает большое количество сфер для использования в повседневной жизни. В настоящее время ультразвук широко применяется в медицинских, военных и промышленных сферах.

Ультразвук представляет собой колебательный процесс, распространяющийся в упругой среде, так как такая среда способна восстанавливать свою первоначальную форму, деформированную в результате кратковременного действия на нее возмущающей силы. Звуковые колебания, как известно из физики, характеризуются амплитудой, частотой и фазой. Частота ультразвука выше уровня частот, слышимых человеческим ухом, так как его диапазон находится в пределах от 20 кГц и выше. В качестве устройства для получения ультразвука часто используют электроакустические преобразователи, которые преобразуют колебания электрического переменного напряжения или тока с заданной частотой в механические колебания пьезоэлемента (пьезоэлектрик). К числу материалов, обладающих пьезоэлектрическим эффектом, относятся кри-

сталлы кварца, турмалина, сегнетовой соли, титаната бария и др. В промышленности чаще используют кварц, нежели другие виды кристаллов. За счет изменения знака деформации при сжатии или растяжении кварцевой пластинки по оси  $a$  и  $OO$ , возникают связанные заряды (рисунок 1) [4].

Чтобы использовать связанные (поляризационные) заряды, кварцевые пластинки снабжают металлическими обкладками. На таких обкладках индуцируются заряды, равные и противоположные по знаку поляризационным, а во внешних проводах, соединяющих обкладки, возникает импульсы тока. Если на металлические обкладки подать переменное электрическое напряжение, то пластинка будет попеременно растягиваться и сжиматься вдоль оси  $a$ , то есть в ней возбуждятся механические колебания. Этот пьезоэффект или «обратный пьезоэффект» был экспериментально открыт братьями Кюри. С помощью обратного пьезоэффекта и возникающего в цепи явления, как резонанс, можно возбуждать ультразвуковые волны в передатчиках, ведь датчик, включенный в электрическую цепь, эквивалентен последовательному колебательному контуру с такой же высокой добротностью, которая характеризует резонансные свойства упругих колебаний (рисунок 2).

Конденсатор  $CO$  называется шунтирующей емкостью и является эквивалентной емкостью электродов, нанесенных на пьезоэлемент, проводники, а также кристаллодержатель. Ёмкость  $C$ , индуктивность  $L$  и резистор  $R$  являются параметрами колебательного контура, эквива-

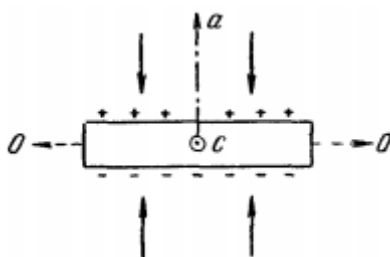


Рис. 1. Пластика из кварца

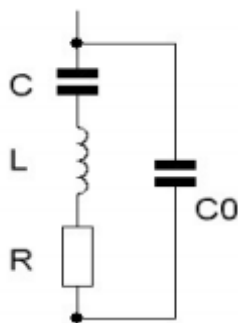


Рис. 2. Эквивалентная схема ультразвукового передатчика

лентного пьезоэлектрическому резонатору. Эти три величины называются динамическими параметрами пьезорезонатора. Принцип действия резонанса следующий: на колебательную систему или резонансный контур (рисунок 3) подают переменное напряжение определенной частоты и на реактивном сопротивлении контура получают напряжение при резонансе, в  $Q$  раз больше подаваемого на систему. Большое напряжение на индуктивности или емкости получается за счет постепенного

накапливания энергии из-за колебаний в контуре. ЭДС источника возбуждает в контуре колебания, амплитуда которых нарастает, пока энергия источника не станет равной потерям энергии в активном сопротивлении контура. Затем в контуре происходят мощные колебания, характеризующиеся большой величиной тока и большими напряжениями, а источник напряжения использует небольшую мощность только для компенсации потери энергии [4, 5].

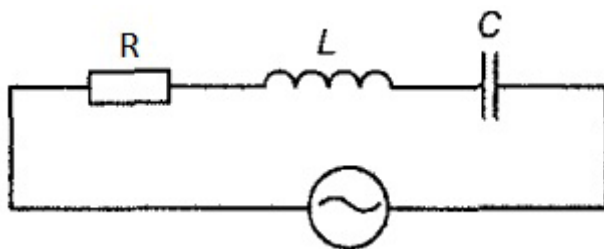


Рис. 3. Последовательный колебательный контур

На практике, свободные колебания в контуре являются затухающими, так как энергия заряженного конденсатора постепенно тратится и преобразуется в тепловую энергию. Полное сопротивление последовательного колебательного контура равняется геометрической сумме емкостного, индуктивного и активного сопротивлений [1,3]:

$$Z_k = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} \quad (1)$$

где  $\omega L = X_L$  — реактивное сопротивление индуктивности;

$\frac{1}{\omega C} = X_C$  — реактивное сопротивление емкости.

С помощью генератора можно получить незатухающие колебания, за счет пополнения электрической энергии на активном сопротивлении контура в такт с частотой колебаний контура. Сейчас, можно найти микроконтроллеры с функцией подачи импульсов, в качестве примера можно взять микроконтроллер из семейства MSP430. Принцип

измерения с использованием импульсного метода следующий: на вход передатчика поступают импульсы через промежутки времени  $T_{\text{п}}$  (период повторения импульса). Передатчик формирует на промежутке времени  $\tau_{\text{п}}$  (длительность импульса) сигнал требуемой мощности амплитуды и частоты посылает в пространство. Затем отраженный сигнал от объекта, приходит на вход приемника. Приемник выдает огибающую принятого сигнала на вход конечного устройства. Ниже, на рисунке 4 представлены схематические зависимости напряжения сигнала на разных элементах системы:

#### Ультразвуковые датчики

Ультразвуковые датчики бывают двух типов режима работы: диффузионные и оппозитные. Для минимизации размеров схемы обычно используют диффузионный режим работы устройства, когда передатчик и приемник находятся в одном корпусе (рисунок 5) [5].

У такого режима есть один недостаток: время срабатывания занимает некоторое время. Причина этому следующая: после излучения пачки импульсов мембрана передатчика должна немного успокоиться, чтобы начать

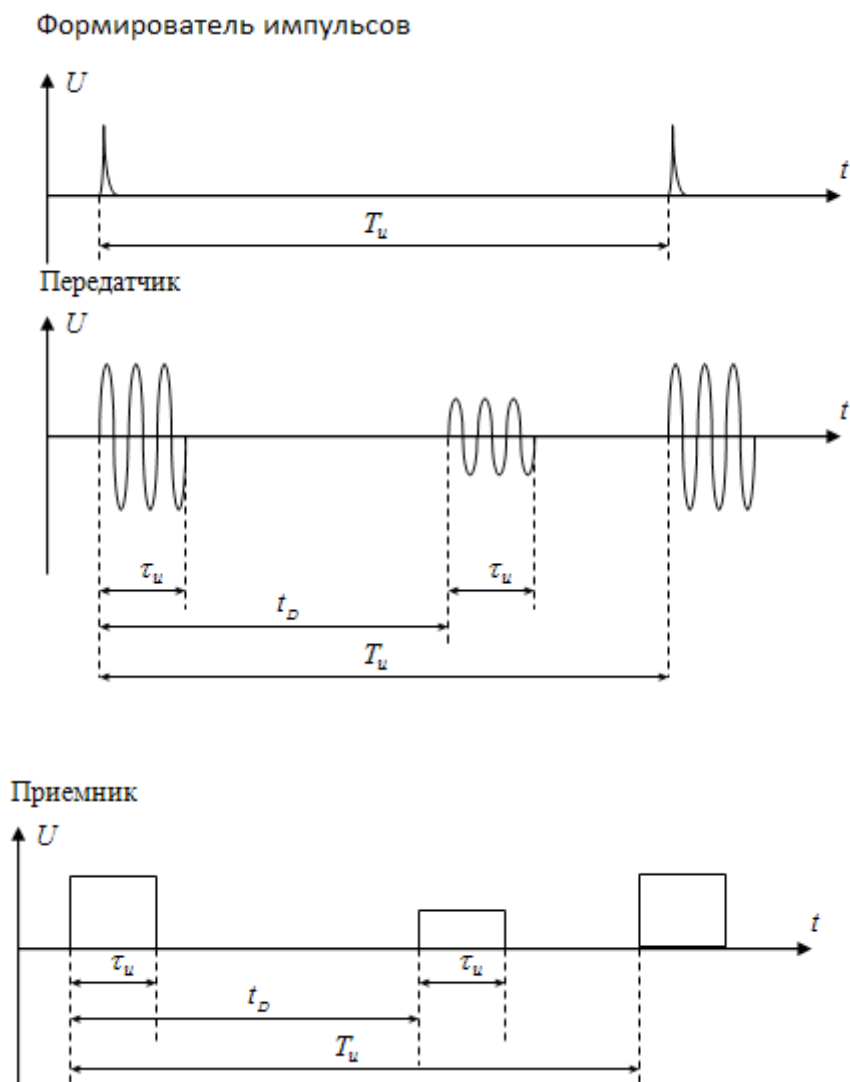


Рис. 4. График зависимости напряжения  $U(t)$  на разных элементах системы

работать на прием. А это может занять некоторое время. Такой интервал времени приводит к возникновению «слепой зоны». Для измерения маленьких расстояний это существенный недостаток, но в случае, когда необходимо измерять расстояния до двух-трех метров этим можно пренебречь. «Слепую зону» можно существенно сократить путем применения схемы, в которой излучатель и приемник разделены в схеме (рисунок 6). При этом необхо-

димо максимально обеспечить чувствительность схемы за счет правильного выбора одной и той же резонансной частоты для передатчика и приемника [2].

Диаграмма направленности ультразвукового датчика — это зависимость распределения интенсивности ультразвукового пучка от угла расхождения  $\varphi$ , представленной в полярных координатах. Чем диаграмма острее, тем точность измерения на больших расстояниях падает.

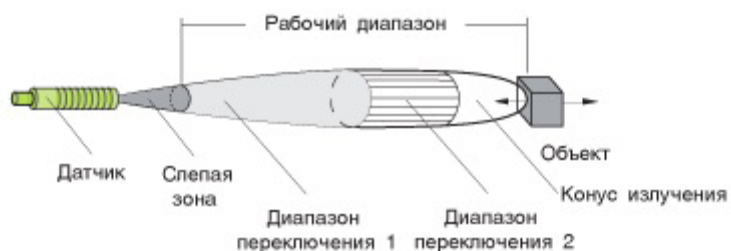


Рис. 5. Диффузионный режим работы

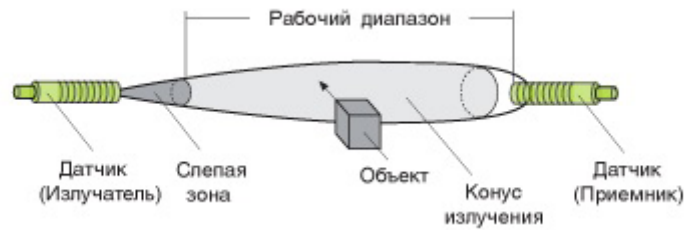


Рис. 6. Оппозитный режим работы

**Погрешности измерения**

Любое измерительное устройство обладает некоторой погрешностью. Точность измерения ультразвуковых датчиков напрямую зависит от температуры и давления окружающей среды (рисунок 7).

Как видно из графика, скорость распространения звуковых волн с понижением температуры воздуха снижается. Например, при температуре  $-40^{\circ}\text{C}$  скорость звуковой волны  $C(t) \approx 305,8 \text{ м/с}$ , а при температуре  $+45^{\circ}\text{C}$   $C(t) \approx 357,2 \text{ м/с}$ . В таблице 1 представлена зависимость скорости звука от высоты. Чем больше высота, тем

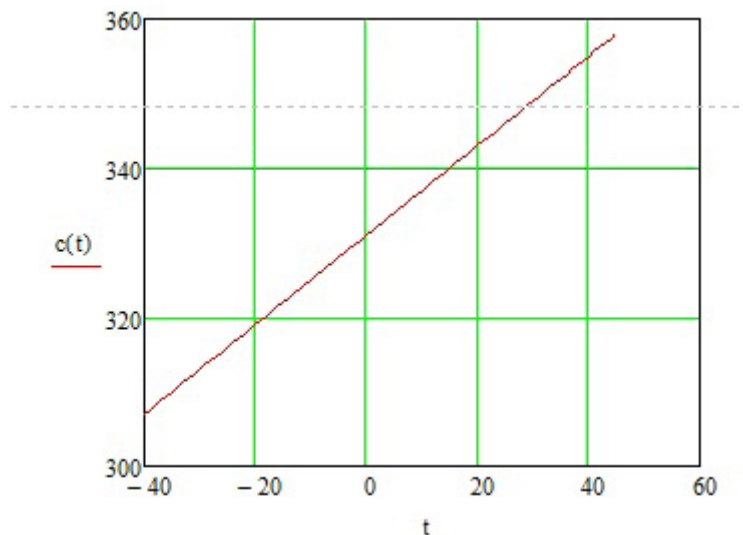


Рис. 7. График зависимости скорости звука от температуры

Таблица 1. Таблица зависимости скорости звука от давления

Высота, м	Температура воздуха	Плотность воздуха кг/м3	Скорост звука, м/с
0	288,15	1,225	340,29
500	284,9	1,1673	338,37
1000	281,65	1,1116	336,43
2000	275,15	0,9091	332,53
3000	268,65	0,8191	328,58
4000	262,15	0,7361	324,58
5000	255,65	0,6597	320,53
6000	249,15	0,5895	316,43
7000	242,68	0,5252	312,27
8000	236,15	0,4664	308,06
9000	229,65	0,4127	303,79



меньше давление и температура, а значит и скорость звука пропорционально уменьшается.

Почти нет материалов, которые не смог бы обнаружить ультразвуковой датчик. Поэтому интеллектуальные ультразвуковые измерители — идеальный вариант для решения задач автоматизации технологических процессов и определения положения и удаленности объекта в различных промышленных областях. Наиболее важными осо-

бенностями применений ультразвуковых датчиков служит их возможность измерять расстояния до таких сложных объектов как, например, сыпучие вещества, жидкости, гранулы, прозрачные или напротив сильно отражающие поверхности. В дополнение ультразвуковыми датчиками можно измерять сравнительно большие расстояния, при этом, сохраняя их небольшие размеры, что может быть существенно для ряда применений.

#### Литература:

1. Колебательный последовательный контур // В помощь изучающему электронику. URL: <http://www.electrosad.ru/Electronics/SFRadiohob/SFRadiohob6.htm> (дата обращения: 9.05.2016).
2. Общие характеристики импульсных сигналов // Библиотека учебной информации. URL: [http://kyrator.com.ua/index.php?catid=10&id=631:4-1-impulsnye-ustrojstva&Itemid=119&option=com\\_content&view=article](http://kyrator.com.ua/index.php?catid=10&id=631:4-1-impulsnye-ustrojstva&Itemid=119&option=com_content&view=article) (дата обращения: 9.05.2016).
3. Резонанс // Универсальная энциклопедия. URL: <http://unienc.ru/282/1597-rezonans.html> (дата обращения: 9.05.2016).
4. Источники ультразвука // URL: <https://www.drive2.ru/l/1110770/> (дата обращения: 9.05.2016).
5. Ультразвук // Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B7%D0%B2%D1%83%D0%BA> (дата обращения: 9.05.2016).

## Анализ работы циклонов для пылеулавливания

Иванков Дмитрий Игоревич, студент;  
Гритчин Роман Дмитриевич, студент;  
Тюрин Алексей Николаевич, студент  
Тульский государственный университет

*В статье рассмотрен классический вид конструкции циклонного пылеуловителя. Проанализированы особенности работы циклонного аппарата и особенности движения пылевой смеси в циклоне. Предложены пути модернизации конструкции циклона.*

Сухие пылеуловители работают по принципу отделения тяжелых частиц от газов силами инерции (при раскрутке газов или их резком повороте). Весьма широко на предприятиях для очистки запыленного воздуха применяются циклонные пылеуловители.

Циклоны — наиболее распространенные пылеулавливающие агрегаты [1], они применяются на предприятиях черной и цветной металлургии, химической, нефтяной и деревообрабатывающей промышленности, при производстве строительных материалов, в энергетике и др.

При небольших капитальных затратах и эксплуатационных расходах циклоны обеспечивают очистку газов эффективностью 80–95% от частиц пыли размером более 10 мкм. Циклоны пылеуловители являются надежными устройствами очистки, т. к. в их конструкции нет сложного механического оборудования, а сепарация пылевых частиц осуществляется под воздействием центробежной силы.

#### Принцип работы

Пылевая смесь со взвешенными в ней твердыми частицами через входной патрубок подается в цилиндриче-

скую часть циклонного аппарата и совершают движение сверху вниз по наружной спирали. Под действием центробежной силы фракции пыли отделяются, и по стенкам циклона перемещаются вниз в сборный конус. Обычно в циклонах центробежное ускорение от нескольких сотен, до тысяч раз больше ускорения силы тяжести, поэтому даже весьма маленькие частицы пыли не в состоянии следовать за газом, и под влиянием центробежной силы движутся к стенке. Накопленная пылевая смесь движется вдоль стенки по спирали вниз в пылевой бункер. Чистый воздух по мере движения сверху вниз частично меняет свое направление, поступая в осевую зону циклона. Чистый воздух подается в воздухопровод для очищенного воздуха (сверху или сбоку циклона), частицы пылевой смеси вследствие своей инерционности этого сделать не успевают и попадают в бункер [2].

#### Особенности конструкции циклона

Классический пылеуловительный циклон состоит из двух частей — цилиндрической и конической. Входной патрубок, через который в циклон подается очищаемый газ,

установлен на цилиндрической части и направляет поток внутрь установки тангенциально. Коническая часть циклона расположена вершиной вниз, которая является выходным окном для сброса сепарированных частиц пыли в бункер. По продольной оси установки расположена труба, которая частично погружена в центр цилиндрической части, называемая выхлопной трубой. Цилиндри-

ческая и коническая части циклона крепятся на бункере для сбора отсепарированных частиц. В некоторых конструкциях циклонов нижняя сборная камера может и не использоваться. В этом заключается различие между устройствами закрытого и открытого типов [5].

Классическая схема устройства и схема отделения частиц в циклонной камере показаны на рис. 1.

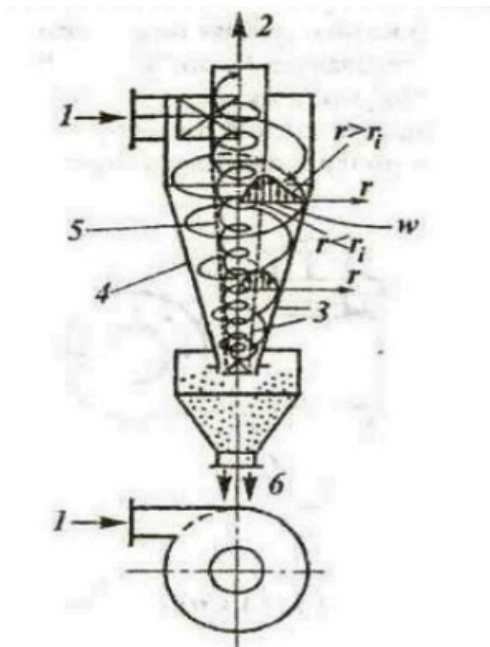


Рис. 1. Схема устройства циклона: 1 — запылённый газ; 2 — чистый газ; 3 — зоны высокой концентрации пыли; 4 — конус; 5 — область вихревого ядра; 6 — выгрузка пыли [5]

#### Особенности работы циклона

В результате анализа движения запыленного газа в циклоне возможно установить следующие характерные зоны — рис. 2. Зона рециркуляции 1, представляющая собой продолговатый овал, отрицательно влияет на сепарацию пыли. На выходе из циклона в зоне 2 скорости газа в трех главных направлениях служат величинами одного порядка. Зона 3 служит центральной тороидальной областью рециркуляции на выходе. Выхлопная труба 4, которая частично погружена в центр установки, уменьшает «диффузию» частиц через прилегающий слой по длине верхней крышки пылеуловителя. Существенное влияние на работу устройства оказывает наличие прилегающего слоя у нижней торцевой стенки 5. В связи с этим ее выполняют конусной. Обращение вихревого движения газа происходит в зоне 6. При изменении направления движения вихря окружная скорость становится значительно больше, чем две другие. Входной патрубок для подачи газа на очистку в циклон расположен в зоне 7. Благодаря области сильного поля центробежных сил близ стенки 8 обеспечивается сепарация частиц и увеличивается время пребывания их в аппарате [5].

Путем модернизации конструкции циклона возможно решить вопрос с одним из недостатков, а именно снизить гидравлическое сопротивление.

Метод центробежного осаждения частиц из запыленного потока газовой смеси, является едва ли не единственным в случае умеренных объемных расходов газа. Это объясняется простотой устройства и высокой эффективностью очистки воздуха.

Рассмотрим циклон в котором совершается устойчивое круговое движение с постоянной угловой скоростью.

В зоне переноса частиц инерционные центробежные силы во много раз превосходят гравитационные силы. Но действие центробежных сил в классическом циклоне кратковременное, так как возникающие при круговом движении потока сжимающие его силы направлены от периферии к центру вихря; происходит движение газового потока от стенки аппарата к его оси, которое противодействует вылету частицы пыли. При переходе цилиндрической части в коническую — конфузоре перепад статического давления в потоке газа происходит более резко, сжимающее поток усилие становится значительно больше центробежной силы, поток в виде сильного вихря направляется внутрь, захватывая с собой частицы пыли [4].

Движение частицы вниз происходит только благодаря воздействию вторичного потока газа, искривленного вдоль конической стенки, при этом ему приходится преодолевать и силу трения частиц о стенку аппарата.

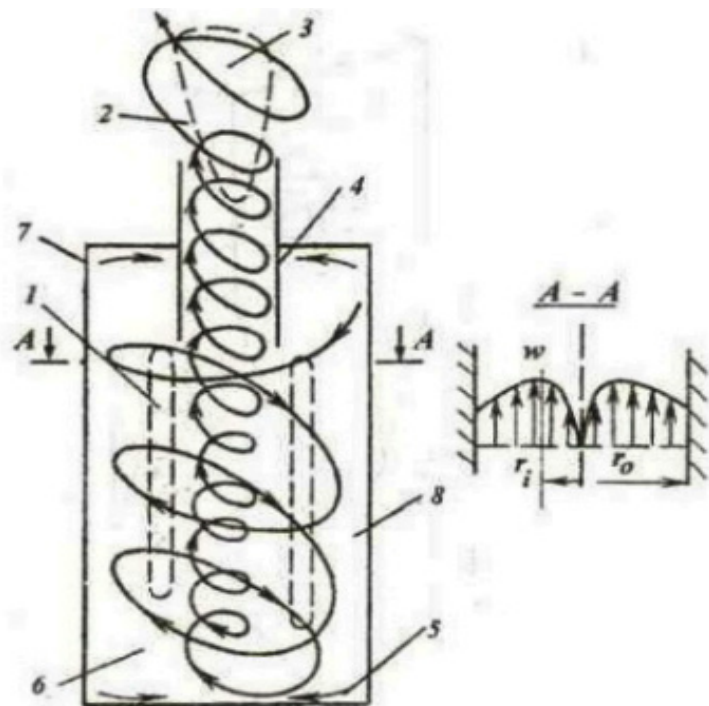


Рис. 2. Схема течения газа в циклоне: 1 — кольцевая зона; 2 и 3 — зоны на выходе из аппарата; 4 — выхлопная труба; 5 — зона пограничного слоя; 6 — зона обращения движения; 7 — зона входа; 8 — зона пограничного слоя; 8 — зона разделения [5]

В данной конструкции при сохранении первого условия можно добиться менее стремительно увеличения коэффициента сопротивления. В классическом циклоне гидравлическое сопротивление продолжит неизбежно возрастать.

Модернизированный циклон работает следующим образом:

Запыленный воздушный поток нагнетается в корпус пылеуловителя через входной патрубок. За счет центробежной силы в цилиндрической полости циклона начинается отделение частиц пыли из потока. Затем запыленный поток поступает в коническую полость циклона. Очи-

щенный воздух удаляется через выходной патрубок. Частицы уловленной пыли удаляются через патрубок [3].

Использование циклонных пылеуловителей очистки призвано обеспечить максимальное снижение выбросов загрязненных веществ. В современной промышленности очень широко используются циклонные аппараты, но по ряду причин они не удовлетворяют современным требованиям по качеству очистки. Разрабатываемые и внедряемые методы модернизации циклонов позволяют без существенных затрат увеличить эффективность очистки воздуха, без увеличения энергозатрат, а также увеличить срок службы циклона.

#### Литература:

1. Штокман, Е. А. Очистка воздуха. Издательство: Ассоциация строительных вузов (АСВ), 2007. — 312 с.
2. Вальдберг, А. Ю. Исянов Л. М. Тарат Э. Я. Технология пылеулавливания / — Л.: Машиностроение: Ленингр. отделение, 1985. — 192 с.
3. Веригин, А. Н., Федоров В. Н., Малютин М. С. Конструкция современных циклонов для пылеулавливания Издат.: С.-Петербургского университета, 2000 г., 336 с.
4. Очистка воздуха и обезвреживание отходящих газов: тез. докл. конф., 17–18 окт. 1991 г. / Под ред. Ю. И. Шумяцкого. — Пенза: [б. и.], 1991. — 128 с.
5. Конструкция современных циклонов для пылеулавливания. — URL: [http://www.ntds.ru/statyi/120\\_cikloni.pdf](http://www.ntds.ru/statyi/120_cikloni.pdf) (Дата обращения 18.06.2016).

## О применимости системы лесосечных машин на базе харвардера в условиях УУОЛ УГЛТУ

Иванов Виктор Вячеславович, кандидат технических наук, доцент;  
Мурзич Екатерина Александровна, магистрант  
Уральский государственный лесотехнический университет

*В статье рассматривается возможность применимости сортиментной технологии заготовки древесины системой лесосечных машин на базе харвардера в условиях УУОЛ УГЛТУ.*

**Ключевые слова:** харвардер, доступность, производительность, повреждаемость

В лесопромышленном комплексе нашей страны, в условиях лесозаготовок, важным аспектом является обеспечение бережного отношения к лесу, не только как источнику возобновляемых сырьевых ресурсов. В результате возникает необходимость проведения более строгого отбора технологических процессов лесопользования на основе их широкой комплексной оценки, учитывающей возможность эффективного использования всех ресурсов леса.

Весь лесозаготовительный технологический процесс определяется природно-производственными условиями, видами и способами рубок, лесозаготовительными машинами и их стоимостью, специальным оборудованием, объемами заготовок. Постоянно растущее многообразие машин и механизмов, применяемых для реализации систем рубок, позволяет провести выборку необходимого, подходящего оборудования.

Несмотря на ограниченную номенклатуру применяемых в настоящее время на лесозаготовках отечественных машин, их невысокую надежность, перед лесозаготовителями постоянно встает проблема подбора систем машин, формирования состава лесозаготовительных бригад, позволяющих обеспечить эффективную работу техники в конкретных природно-производственных условиях с минимальными затратами.

Выбор технических средств, для обеспечения лесозаготовок в конкретных природно-производственных условиях является достаточно сложной задачей. Учитывая накопленный опыт, наиболее целесообразным представляется разработка принятия решений по обоснованию выбора машин и формирования лесозаготовительных бригад для проведения рубок главного пользования. При этом учитывать в первую очередь уровень надежности используемой лесозаготовительной техники, поскольку для рассматриваемого вида отечественной техники он остаётся невысоким. Это обстоятельство влияет на подбор машин и формирование лесозаготовительных бригад, снижая экономические показатели и эффективность функционирования лесозаготовительных предприятий.

Интенсивное внедрение на предприятиях сортиментных методов заготовки древесины с преимущественным использованием машин на колесной базе опре-

деляет появление новых специфических задач в условиях региона и актуальность их решения.

В этой связи задача выбора и обоснования эффективных вариантов систем лесосечных машин при сортиментном методе лесозаготовок является достаточно актуальной.

Многооперационные машины для сортиментной заготовки леса подразделяются на группы в зависимости от назначения: харвестер, форвардер, процессор, харвардер [1]. Практически все машины имеют высокую производительность, надежность, низкие эксплуатационные расходы, комфортность и удобство управления. Почти каждая такая машина находит свое практическое применение в технологических процессах на лесозаготовительных предприятиях РФ. Машины имеют свои классификации, по мощности, по назначению, по массе и др.

Для решения поставленной задачи в работе нами была рассмотрена система машин на базе лесного комбайна (харвардера) в условиях Уральского учебно-опытного лесхоза Уральского государственного лесотехнического университета (УУОЛ УГЛТУ, пос. Северка). Использование такой многооперационной машины (харвардера) [9], способствует повышению эффективности технологических процессов лесосечных работ за счёт:

- ведения лесозаготовительных работ по сортиментной технологии, которая позволяет поставлять продукцию непосредственно потребителю, минуя нижний склад;
- рационального комплектования и сокращения количества операций и проходов лесозаготовительных машин;
- минимизации затрагивания почвы и выбора рациональных способов движения при трелёвке;
- минимизация расходов на лесозаготовительную технику и ее обслуживание.

С учетом существующих нормативных документов лесопромышленники при лесозаготовке ориентированы на максимальный процент сохранения подроста и деревьев оставляемых на доращивание и соответственно выбирают такую систему машин, которая минимально оказывает вредное воздействие на внешнюю среду. Как показал опыт, на большей территории европейской части РФ преобладает сортиментная технология заготовки древесины системой машин харвестер-форвардер. Однако весь цикл

лесосечных работ может выполнять одна машина-харвардер. Конструкция харвардера включает в себя комбинированный валочно-сучкорезно-раскряжеочно-погрузочный и грузовой (в виде транспортной платформы) модули. Область применения такой машины: малые предприятия с небольшим объемом заготовок древесины; участки где использование двух различных типов машин нецелесообразно, так как приводит к его загромождению и увеличению расходов на перебазирование, при работе на разрозненных участках лесосырьевого фонда предприятия; на выборочных и санитарных рубках ухода, а также при заготовке древесины в условиях разрабатываемых лесосек с малым и средним объемом хлыста, где затраты на выполнение работ достаточно велики по сравнению с объемом заготовленной в таких условиях древесины. Производительность таких машин около 4500 м<sup>3</sup> в месяц в зависимости от рубок [2]. Харвардер позволяет сократить затраты на 40–50% по сравнению с приобретением системы машин (СМ) харвестер-форвардер снизить эксплуатационные расходы в 2 раза.

При организации процесса лесозаготовок большое значение имеет правильное обоснование систем машин и технологий заготовки, которые должны основываться на необходимости выполнить заданный объем работ в установленные сроки с необходимыми экономическими, экологическими и социальными показателями [3]. На сегодняшний день существует множество схем разработки лесосеки, к примеру в работе В.А. Азаренка [1] предложено разрабатывать пасеки следующим образом: технологическая схема разработки пасеки системой машин харвестер-форвардер:

1. Без сохранения подроста, при ширине лент: R (вылет манипулятора) или 2R с волоком по середине или по границе пасеки;
2. Технологическая схема с заездами на полупасеки, при ширине ленты 1,5R;
3. Со вспомогательным коридором (с одним или двумя), при ширине ленты 3,5 R. и др.

Существует множество технологических схем и патентов на полезную модель разработанных для лесозаготовительных операций с применением многооперационных лесных машин (харвардеров). Одна из таких технологий представлена в работе Д. Андерсена и Л. Элиассона [4], которые предложили 3 способа заготовки древесины сплошным способом с использованием харвардера:

1. Заезд харвардера на делянку обратным ходом на расстояние равное вылету манипулятора (по обеим сторонам);
2. Заезд харвардера передним ходом на делянку вдоль края разрабатываемой делянки;
3. Заезд харвардера на делянку передним ходом на расстояние равное вылету манипулятора. Результаты исследований этих способов, привели к выводу, что самым рациональным методом заготовки древесины является второй способ, где разработка и погрузка осуществля-

ется с края лесосеки, при фиксированном размере ленты равным рабочему вылету манипулятора.

Для обоснования применимости системы машин на базе харвардера по критериям производительности, трудозатратам и поврежденному почвенному покрову, по методике изложенной в работе [5], нами были рассмотрены четыре системы машин:

1. Бензомоторная пила + трелевочный трактор;
2. Бензомоторная пила + форвардер;
3. Харвестер + форвардер;
4. Харвардер. Результаты расчетов представлены в табл. 1.

Сравнивая систему машин на базе харвардера с остальными можно отметить следующее. Несмотря на то, что у системы машин на базе харвестера и форвардера самая высокая производительность и низкий показатель трудозатрат, система машин на базе одного харвардера показывает самые минимальные результаты расчета по трудозатратам, с высоким сохранением подроста, что соответствует требованиям правил заготовки древесины [6] и является рациональным вариантом для современного лесозаготовительного предприятия с небольшим годовым объемом заготовки.

С целью определения доступности срезаемых деревьев, производительности харвардера, на примере Ponsse BuffaloDual [7], с учетом доступности срезаемых деревьев и вероятность контакта (повреждения) манипулятора с харвестерным агрегатом с подростом или оставляемых на дорастивание деревьев и подроста, по известным методикам [8,10,11,12], нами, на территории УУОЛ УГЛТУ, была заложена пробная площадь (56 квартал, 66 выдел Паркового участкового лесничества). Таксационная характеристика пробной площади представлена в табл. 2.

Результаты расчета вероятности доступности срезаемых деревьев, в зависимости от вылета манипулятора, представлены на рис. 1.

По данным графика мы видим, что при увеличении вылета манипулятора, вероятность доступности дерева снижается. В нашем случае мы рекомендуем вылет манипулятора для харвардера Ponsse BuffaloDual равному 4 м, с вероятностью захвата срезаемого дерева 45%.

На рис. 2, с учетом доступности срезаемых деревьев, приведены результаты расчета производительности харвардера.

По результатам расчета видно, что производительность при максимальном вылете манипулятора (66,8 м<sup>3</sup>/смену) и рекомендованным нами вылете манипулятора 4 м (67,12 м<sup>3</sup>/смену), показатели отличаются незначительно.

На рис. 3, с учетом доступности срезаемых деревьев, приведены результаты расчета вероятности контакта (повреждения) манипулятора с харвестерным агрегатом с подростом или оставляемых на дорастивание деревьев и подроста.

Таким образом, результаты расчета, на примере харвардера Ponsse BuffaloDual, показали, что для эффективной работы этой машины в условиях УУОЛ УГЛТУ ре-



Таблица 1. Сравнение систем машин по критериям производительности, трудозатратам и поврежденному почвенному покрову

	Показатели расчетов лесосечных систем машин	
	1 СМ (Б/п+ТТ)	2 СМ (Б/п+ Форвардер)
<b>Основные показатели УУОЛ УГЛУ</b> Годовой объем рубок: 22 тыс. м <sup>3</sup> ; Площадь лесосеки: 244,4 га; Количество осваиваемых лесосек: 49 шт.; Среднее расстояние трелевки: 220, м.	Объем штабеля на 1 погр. пункте, м <sup>3</sup> : 432; Количество погр. площадок, шт.: 51; Псм б/п на валке: 53,8 м <sup>3</sup> /см; Псм б/п на раскр.: 51 м <sup>3</sup> /см; Псм б/п на обр. суч.: 48, 2 м <sup>3</sup> /см; Псм тт на трел.: 66,8 м <sup>3</sup> /см. Qбр: 91,8 м <sup>3</sup> /сут; Количество работников: 6 чел.; Сп. в.: 0,5 га; См. в.: 0,1 га; Сп. п.: 0,06 га; S: 0,66.	Объем штабеля на 1 погр. пункте, м <sup>3</sup> : 756; Количество погр. площадок, шт.: 29; Псм б/п на валке: 53,8 м <sup>3</sup> /см; Псм б/п на раскр.: 51 м <sup>3</sup> /см; Псм б/п на обр. суч.: 48, 2 м <sup>3</sup> /см; Псм кфм на трел.: 69,1 м <sup>3</sup> /см; Qбр: 91,8 м <sup>3</sup> /сут; Количество работников: 6 чел.; Сп. в.: 0,4 га; См. в.: 0,085 га; Сп. п.: 0,06 га; S: 0,545.
	3 СМ (Харвестер+Форвардер)	4 СМ (Харвардер)
	Объем штабеля на 1 погр. пункте, м <sup>3</sup> : 756; Количество погр. площадок, шт.: 29; Псм кхм на валке, обр. суч., раскр.: 103,5 м <sup>3</sup> /см. Псм кфм на трел.: 96 м <sup>3</sup> /см; Qбр: 145,6 м <sup>3</sup> /сут; Количество работников: 2 чел.; Сп. в.: 0,085 га; См. в.: 0,6 га; Сп. п.: 0,08 га; S: 0,756.	Объем штабеля на 1 погр. пункте, м <sup>3</sup> : 756; Количество погр. площадок, шт.: 29; Псм на валке, обр. суч., раскр., трел.: 67,2 м <sup>3</sup> /см. Qбр: 145,6 м <sup>3</sup> /сут; Количество работников: 2 чел.; Сп. в.: 0,085 га; См. в.: 0,6 га; Сп. п.: 0,08 га; S: 0,756.

Таблица 2. Таксационная характеристика пробной площади

Породный состав насаждений	9С1Л+Б
Тип леса	сосняк-брусничный
Возраст	110
Ср. высота, м	23
Ср. диаметр, см	24
Бонитет	2
Площадь, м <sup>2</sup>	3562
Полнота насаждений	0,7
Среднее расстояние между деревьями, м	3,9
Тип распределения	Случайный
Густота древостоя, дер\м <sup>2</sup>	0,036
Запас на 1 га	106 м <sup>3</sup>
Категория лесов	Защитные
Средний объем хлыста, м <sup>3</sup>	0,36
Количество подроста, тыс. шт. на га	0,8

комендуемый вылет манипулятора составит 4 м, ширина разрабатываемой ленты до 13 м. При этом вероятность доступности дерева при плотности 0,036 составляет 45%. Вероятность соприкосновения (повреждения) манипу-

лятора с харвестерным агрегатом с деревьями оставляемыми на дорастивание или подростом на ленте составляет 2%. Производительность такой машины, с учетом доступности, составляет 67,12 м<sup>3</sup>/смену.



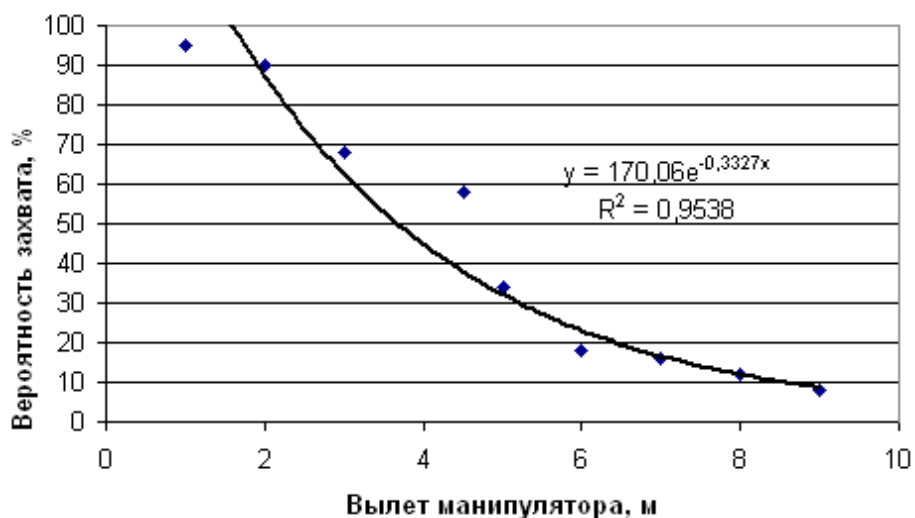


Рис. 1. Вероятность доступности срезаемых деревьев

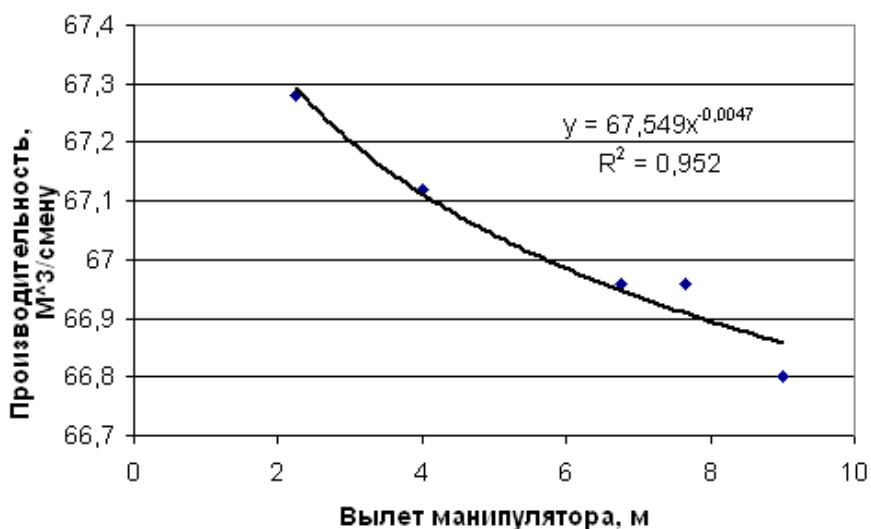


Рис. 2. Производительность харвестера с учетом доступности срезаемых деревьев

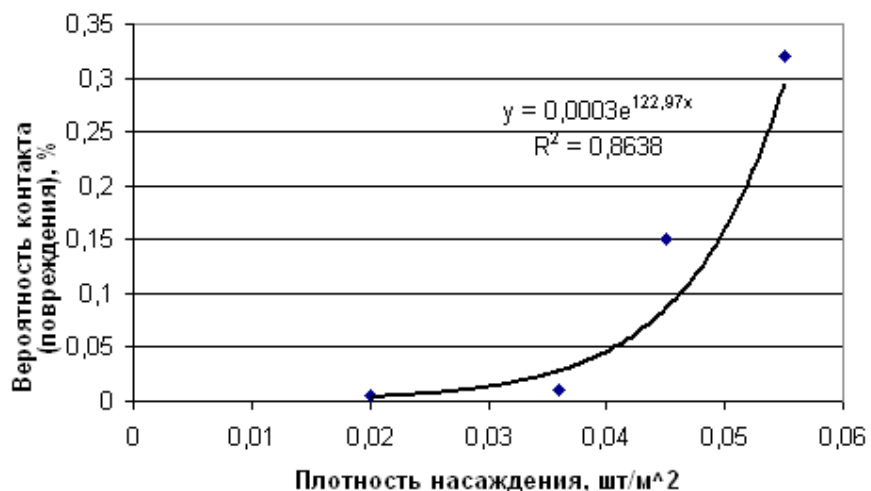


Рис. 3.

## Литература:

1. Азаренок, В. А., Герц Э. Ф., Залесов С. В., Мехренцев А. В. Сортиментная заготовка древесины: учеб. пособие [Текст] / В. А. Азаренок, Э. Ф. Герц, С. В. Залесов, А. В. Мехренцев. — Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2015. 140 с.
2. Productivity and Profitability of Forest Machines in the Harvesting of Normal and Overgrown Willow Plantations Fulvio Di Fulvio, Dan Bergström, Kalvis Kons. Tomas Nordfjell [Электронный ресурс] <http://www.crojfe.com/r/i/04di-fulvio.pdf>
3. Безгина, Ю. Н., Герц Э. Ф., Иванов В. В., Перепечина Т. А., Теринов Н. Н., Уразова А. Ф. Выбор технологии лесосечных работ в условиях устойчивого лесопользования [Текст] / Ю. Н. Безгина, Э. Ф. Герц, В. В. Иванов, Т. А. Перепечина, Н. Н. Теринов, А. Ф. Уразова // Леса России и хозяйство в них. 2015. № 4. с. 12–22.
4. Jonny Andersson, Lars Eliasson: Effects of three harvesting work methods on Harwarder productivity in final felling. Silva Fennica vol. 38 no. 2 article id 428. [Электронный ресурс] <http://dx.doi.org/10.14214/sf.428>
5. Герц, Э. Ф., Безгина Ю. Н., Иванов В. В., Лившиц Н. В. Технология лесосечных работ [Текст]: метод указания / Э. Ф. Герц, Ю. Н. Безгина, В. В. Иванов, Н. В. Лившиц. — Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2011. 13 с.
6. Приказ Рослесхоза от 01.08.2011 № 337 «Об утверждении Правил заготовки древесины» (Зарегистрировано в Минюсте России 30.12.2011 № 22883) [Электронный ресурс] [http://www.consultant.ru/law/podborki/pravila\\_zagotovki\\_drevesiny](http://www.consultant.ru/law/podborki/pravila_zagotovki_drevesiny)
7. Ponsse BuffaloDual [Электронный ресурс] <http://www.ponsse.com/ru/produkcija/harvardery-dual/buffalodual>
8. Герц, Э. Ф., Азаренок В. А., Лившиц Н. В., Мехренцев А. В.. Расчет ширины ленты, разрабатываемой манипуляторной полноповоротной лесозаготовительной машиной [Текст] / Э. Ф. Герц, В. А. Азаренок, Н. В. Лившиц, А. В. Мехренцев // ИВУЗ. «Лесной журнал». 2002. № 5, с. 48–52.
9. Смогут ли харвардеры благодаря инновационным решениям занять своё место в лесу? [Электронный ресурс] Интернет журнал «Лесопромышленник» 2013. № 2, с. 19–20. [http://www.lesopromyshlennik.ru/magazine\\_04\\_2013.files/MAG\\_02\\_13\\_el.pdf](http://www.lesopromyshlennik.ru/magazine_04_2013.files/MAG_02_13_el.pdf)
10. Герц, Э. Ф., Безгина Ю. Н., Иванов В. В., Крюк В. И. Вероятность заготовки деревьев при выборочных рубках манипуляторной машиной [Текст] / Э. Ф. Герц, Ю. Н. Безгина, В. В. Иванов, В. И. Крюк // Леса России и хозяйство в них. 2014. № 2. с. 40–42.
11. Чайка, О. Р. Методика оценки доступности деревьев для захвата при моделировании работы харвестера [Текст] / О. Р. Чайка // ИВУЗ. «Лесной журнал». 2011. № 2, с. 91–93.
12. Цыгарова, М. В. Технология и машины несплошных рубок [Текст]: метод. указания / М. В. Цыгарова. — Ухта: УГТУ, 2007. — 69 с.

## Синтез LQR-регуляторов для управления квадрокоптером и их сравнительный анализ на основе имитационного моделирования при помощи пакета прикладных программ MATLAB & Simulink

Колотов Михаил Евгеньевич, бакалавр;  
Смирнова Татьяна Александровна, бакалавр  
Санкт-Петербургский государственный университет

**Ключевые слова:** квадрокоптер, система управления, пространство состояний, LQR, асимптотические наблюдатели, регулятор

Данная статья основана на работе с математической моделью БПЛА с четырьмя несущими винтами, вращающимися в диагонально противоположных направлениях. Данная математическая модель представляет собой совокупность SISO-подсистем, полученных путем линеаризации и декомпозиции системы, выведенной в [1]. Для построения закона управления используется технология LQR-синтеза, описанная в [2]. Полученный регулятор посредством имитационного моделирования в пакете прикладных программ MATLAB & Simulink сравнивается с регулятором, синтезированным при помощи ММО-системы до ее декомпозиции.

Основным объектом данной работы является совокупность SISO-подсистем (1), полученная из модели динамики квадрокоптера вида (2), представленной в [1], путем линеаризации в окрестности положения равновесия (3) и последующей декомпозиции, основанной на предположениях (4) о виде управляющего сигнала.

$$\ddot{X} = F(X, \dot{X}, U). \tag{2}$$

$$X = \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ \varphi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix}, \quad U = \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \end{bmatrix},$$

$$\left. \begin{aligned} \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{z} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{bmatrix}, \\ \begin{bmatrix} \dot{\varphi} \\ \dot{\theta} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \begin{bmatrix} \varphi \\ \theta \\ \psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \psi_0 \end{bmatrix}, \\ U &= \begin{bmatrix} u_0 \\ u_0 \\ u_0 \\ u_0 \end{bmatrix}. \end{aligned} \right\} \tag{3}$$

$$\left. \begin{aligned} \begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = g\theta_1 - \frac{A_x}{m}x_2 \\ \dot{\theta}_1 = \theta_2 \\ \dot{\theta}_2 = -2\frac{kl}{I_{yy}}u_{\Delta\theta} \\ y = x_1 \end{cases}, \\ \begin{cases} \dot{y}_1 = y_2 \\ \dot{y}_2 = -g\varphi_1 - \frac{A_y}{m}y_2 \\ \dot{\varphi}_1 = \varphi_2 \\ \dot{\varphi}_2 = -2\frac{kl}{I_{xx}}u_{\Delta\varphi} \\ y = y_1 \end{cases}, \\ \begin{cases} \dot{z}_1 = z_2 \\ \dot{z}_2 = -\frac{A_z}{m}z_2 + 4\frac{k}{m}u_{\Delta z} \\ y = z_1 \end{cases}, \\ \begin{cases} \dot{\varphi}_1 = \varphi_2 \\ \dot{\varphi}_2 = -2\frac{kl}{I_{xx}}u_{\Delta\varphi} \\ y = \varphi_1 \end{cases}, \\ \begin{cases} \dot{\theta}_1 = \theta_2 \\ \dot{\theta}_2 = -2\frac{kl}{I_{yy}}u_{\Delta\theta} \\ y = \theta_1 \end{cases}, \\ \begin{cases} \dot{\psi}_1 = \psi_2 \\ \dot{\psi}_2 = 4\frac{b}{I_{zz}}u_{\Delta\psi} \\ y = \psi_1 \end{cases} \end{aligned} \right\} \tag{1}$$

$$\begin{cases} u_1 = u_{\Delta z} + u_{\Delta\theta} + u_{\Delta\psi} \\ u_2 = u_{\Delta z} - u_{\Delta\psi} + u_{\Delta\varphi} \\ u_3 = u_{\Delta z} - u_{\Delta\theta} + u_{\Delta\psi} \\ u_4 = u_{\Delta z} - u_{\Delta\psi} - u_{\Delta\varphi} \end{cases} \tag{4}$$

Здесь управляющий сигнал  $u_i$  представляет собой квадрат угловой скорости винта  $i$ -го мотора квадрокоптера,  $[x \ y \ z]^T$  — координаты центра масс квадрокоптера в абсолютной системе координат,  $[\varphi \ \theta \ \psi]^T$  — углы Эйлера, представляющие собой ориентацию квадрокоптера (крен, тангаж и рысканье соответственно). Значение  $u_0$  находится из уравнения вертикальной динамики квадрокоптера с допущением, что при данной величине управляющего сигнала БПЛА висит в воздухе неподвижно (по оси  $z$ ) в горизонтальном положении:

$$\begin{cases} \ddot{z} = 0 \\ \dot{z} = 0 \end{cases}$$

Таким образом, значение управляющего сигнала  $u_0$  определяется как

$$u_0 = \frac{mg}{4k},$$

где  $m$  — масса квадрокоптера,  $g$  — сила тяжести и  $k$  — коэффициент тяги моторов. Подробнее с исходной нелинейной моделью квадрокоптера (а так же с ее выводом) вы можете ознакомиться в [1]. Величины  $[x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2, \varphi_1, \varphi_2, \theta_1, \theta_2, \psi_1, \psi_2]$  определяются следующим соотношением:

$$\begin{cases} x_1 = x \\ x_2 = \dot{x} \\ y_1 = y \\ y_2 = \dot{y} \\ z_1 = z \\ z_2 = \dot{z} \\ \varphi_1 = \varphi \\ \varphi_2 = \dot{\varphi} \\ \theta_1 = \theta \\ \theta_2 = \dot{\theta} \\ \psi_1 = \psi \\ \psi_2 = \dot{\psi} \end{cases}$$

Для построения законов управления для совокупности подсистем (1) воспользуемся LQR-синтезом. Данный метод подразумевает собой модальный синтез с условием, что корни системы располагаются так, чтобы минимизировать функционал (5), отвечающий за оптимальное энергопотребление при желаемом быстродействии.

Пусть имеется SS-модель:

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx \end{cases}$$

с линейной обратной связью  $u = -Kx$ .

Синтез управления заключается в решении задачи оптимизации (5) относительно SS-системы.

$$J(u) = \int_0^\infty (x^T Qx + u^T Ru) dt \rightarrow \min \tag{5}$$

Матрицы  $Q$  и  $R$  задаются, обычно, таким образом, чтобы регулятор удовлетворял желаемой динамике. Чем больше значения коэффициентов  $Q$  относительно коэффициентов  $R$ , тем интенсивнее будет управляющий сигнал.

Матрица  $K$ , в таком случае, имеет вид  $K = -R^{-1}B^T P$ , где  $P$  находится из матричного уравнения Риккати

$$A^T P + PA - PBR^{-1}B^T P + Q = 0.$$

Методология LQR-синтеза требует полной измеряемости вектора состояния, а SISO-система по своей сути не обеспечивает полноты набора измеряемых величин, если вектор состояния состоит более чем из одной компоненты. Для удовлетворения этого требования следует построить и объединить с регулятором асимптотический наблюдатель. Система наблюдателя

$$\begin{cases} \dot{z} = (A - GC)z + Bu + Gy \\ y_{obs} = z \end{cases} \quad (6)$$

Входным сигналом является вектор измерений  $y$ , вектор  $z$  системы (6) является оценкой вектора состояния системы, для которой строится наблюдатель. Коэффициенты вектора  $G$  выбираются таким образом, чтобы обеспечить устойчивость системы. Закон управления, в таком случае, будет иметь вид:

$$u = -Kz \quad (7)$$

Замкнув наблюдатель (6) обратной связью (7), получим систему-регулятор:

$$\begin{cases} \dot{z} = (A - GC - BK)z + Gy \\ u = -Kz \end{cases} \quad (8)$$

Решим, теперь, для каждой подсистемы задачу (5) при помощи пакета прикладных программ MATLAB. За параметры БПЛА примем значения (подробнее о параметрах в [1]):

$$\begin{cases} m = 2 \\ k = 3 * 10^{-6} \\ I_{xx} = I_{yy} = 5 * 10^{-3} \\ I_{zz} = 0.01 \\ A_x = A_y = A_z = 0.25 \\ b = 7 * 10^{-8} \end{cases}$$

Матрицы  $R$  и  $Q$  подобраны, исходя из требований к динамике регулятора и его технических возможностей, следующими:

$$Q = 9 * 10^7 \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & \dots \\ \vdots & & \ddots \end{bmatrix},$$

$$R = 9 * 10^{-6} \begin{bmatrix} 1 & 0 & \dots \\ 0 & 1 & \dots \\ \vdots & & \ddots \end{bmatrix}.$$

Для анализа синтезированных регуляторов в среде MATLAB & Simulink была построена нелинейная модель динамики квадрокоптера, изложенная в [1]. Полученная система управления сравнивалась с другой, LQR-регулятор которой был получен, основываясь на ММО-системе (до декомпозиции). Для реализации тестовых режимов имитационного моделирования вектора желаемого состояния системы брались следующими:

$$X_{des} = \begin{bmatrix} x_1^{(des)} \\ y_1^{(des)} \\ z_1^{(des)} \\ \psi_1^{(des)} \end{bmatrix} \quad (9)$$

Остальные компоненты всегда вектора считались нулевыми.

В ходе имитационного моделирования было выяснено, угол  $\psi$  вносит существенную нелинейность в динамическую модель. Данный фактор не может быть учтен регулятором, в основе которого лежит LQR-синтез и вызывает потерю устойчивости системы, если пытаться одновременно стабилизировать компоненты  $(x \ y)$  и  $\psi$ . Поэтому, для достижения (9) нужно сначала стабилизировать положение

$$X_{des}^1 = \begin{bmatrix} x_1^{(des)} \\ y_1^{(des)} \\ z_1^{(des)} \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

а уже после этого вводить  $\psi_1^{(des)}$  в вектор (10).

Если же в качестве желаемого положения задавались значения, непрерывно изменяющиеся с течением времени, образуя траекторию:

$$S_{des}(t) = \begin{bmatrix} x_{des}(t) \\ y_{des}(t) \\ z_{des}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2\sin(0.5t) \\ 2\cos(0.5t) \\ 0.2\sin(0.5t) \end{bmatrix}, \quad (11)$$

то оба регулятора успешно справлялись с поставленной задачей, приводя, квадрокоптер на окружность и успешно по ней перемещая (рис. 1). При таком режиме движения различия между траекториями крайне незначительны и могут быть оценены следующим выражением:

$$\Delta S = \sum_{i=1}^n |x_i - \tilde{x}_i|(t_i - t_{i-1}) + \sum_{i=1}^n |y_i - \tilde{y}_i|(t_i - t_{i-1}) + \sum_{i=1}^n |z_i - \tilde{z}_i|(t_i - t_{i-1}).$$

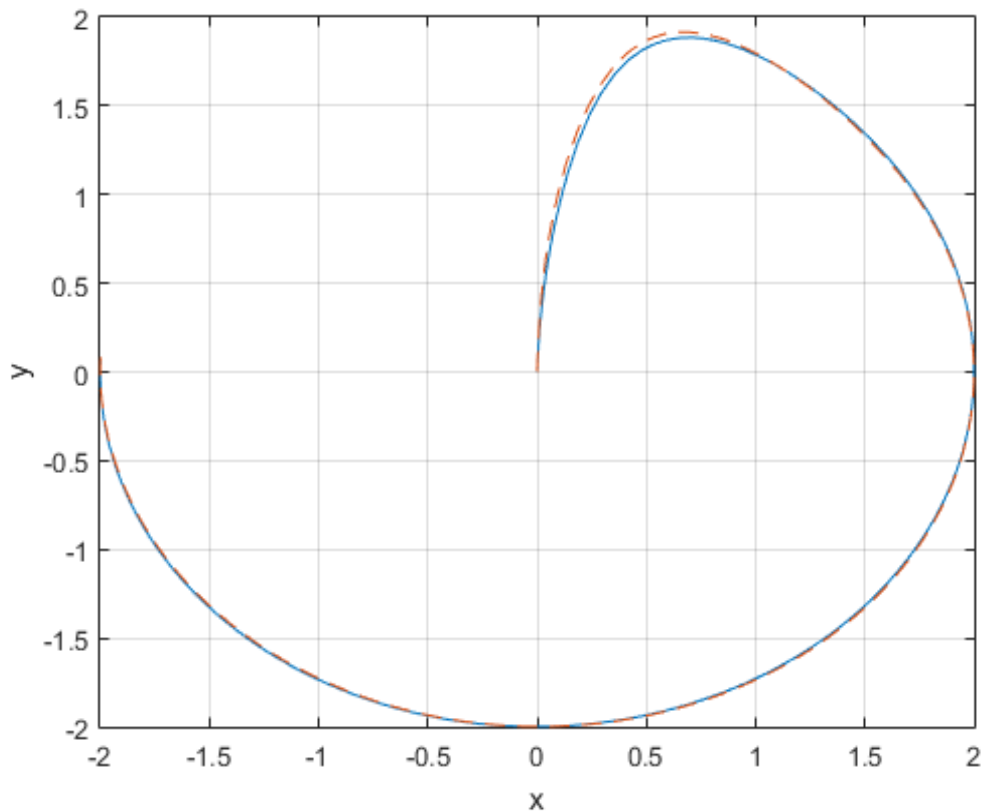


Рис. 1. Проекция траекторий моделей квадрокоптеров на плоскость  $xy$

При желаемой траектории движения (11) и времени моделирования  $t \in [0; 10]$  сумма  $\Delta S$  имела значение 0.015.

На основании данного результата можно сделать вывод, что оба LQR-регулятора применимы к нелинейной модели квадрокоптера, при условии, что стабилизация желаемого значения угла рысканья  $\psi$  вынесена в отдельный режим с наименьшим приоритетом. Регулятор, построенный применительно к системе (1) может быть использован как альтернатива обычному LQR-регулятору в вопросах об анализе робастности данного типа регуляторов, поскольку в данном случае предстоит работать с шестью передаточными функциями, вместо двадцати четырех.

Литература:

1. Luukkonen, T., Modelling and control of quadcopter, 2011, P. 2–6.
2. Веремей, Е. И., Линейные системы с обратной связью: учебное пособие. 2013, с. 280–290, 372–384.



## Идентификация и аутентификация пользователей для автоматизированных систем высших учебных заведений

Коробов Максим Игоревич, студент;  
Сумкин Константин Сергеевич, кандидат технических наук, преподаватель  
Московский технологический университет

*Статья посвящена организации идентификации и аутентификации пользователей в автоматизированной системе вуза. Показано, что результаты, достигнутые на текущий момент в решении задач интеллектуального анализа данных идентификации и аутентификации пользователей, не предоставляют необходимого уровня защищенности сети в целом. В качестве основного решения задачи анализа множества субъектов и объектов использована нечеткая логика. Используются функции оценки сепарабельности и компактности, а также оптимизированный максиминный метод. В работе приведен алгоритм кластеризации неопределенных объектов и субъектов.*

**Ключевые слова:** идентификация и аутентификация пользователей, кластеризация, нечеткие множества, нечеткие реляционные модели данных, функции принадлежности

## Identification and authentication of users for automated systems of higher education institutions

*Article is devoted to the organization of user identification and authentication in the automated system of the university. It is shown that the results achieved to date in addressing the challenges of data mining user identification and authentication, do not provide the required level of network security in general. As a basic solution of the problem analysis of multiple subjects and objects used fuzzy logic. Used evaluation function separability and compactness, as well as optimized Maximin method. In this paper we present an algorithm for clustering uncertain objects and subjects.*

**Keywords:** identification and authentication of users, clustering, fuzzy sets, fuzzy relational data model, the membership function

В настоящее время затруднение применения методов анализа данных характеризуется тем, что конкретная задача из выбранной предметной области, а именно выборка данных, в рамках данной задачи, характеризуется не только числовым характером атрибутов, но и мерой неопределенности. Если рассмотреть области макроэкономических, социологических, маркетинговых, медицинских, то при анализе в большинстве случаев без лингвистической формы представления данных задача построения математической модели становится крайне трудоемкой задачей [1]. Оперирование подобными данными представляет необходимость организации хранения нечетких переменных и их функций принадлежности. А применяя данный подход при решении задач идентификации и аутентификации пользователей (ИАП) необходимость хранить множества субъектов  $S' = \{\mu_S(y) / y\}$  и объектов  $O' = \{\mu_O(x) / x\}$  [2]. На текущий момент представлен небольшой ряд разработок, позволяющих управлять хранилищами данных с нечеткими переменными и их функциями принадлежности. Взаимодействие субъектов и объектов представлено на рисунке 1.

Результаты, достигнутые в задачах ИАП с использованием интеллектуального анализа данных, не дают полной защищенности сети в целом, и на текущий момент оста-

ется ряд нерешенных задач, а именно использование нечетких множеств субъектов и объектов не поддержано разработанными методами анализа.

В задаче ИАП исследуемая совокупность множеств субъектов и объектов (МСО) представляет собой в любой сети некоторое конечное множество элементов  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_n\}$ , которое в целях решения задачи будет являться некоторым множеством объектов кластеризации. Определим конечное множество признаков или атрибутов  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_q\}$ , каждый элемент которого количественно представляет свойство, или характеристику элементов МСО. Здесь  $n$  — общее количество элементов МСО,  $q$  — общее количество измеримых признаков [3].

Измерение признаков множества  $P$  в общем случае не является трудоемкой задачей и привязано к определенной компьютерной сети (КС), таким образом, все признаки множества  $P$  можно представить в некоторой количественной шкале. Это представление позволяет каждому элементу множества  $m_i \in M$  поставить в соответствие вектор  $v_i = (v_1^i, v_2^i, \dots, v_q^i)$ , где

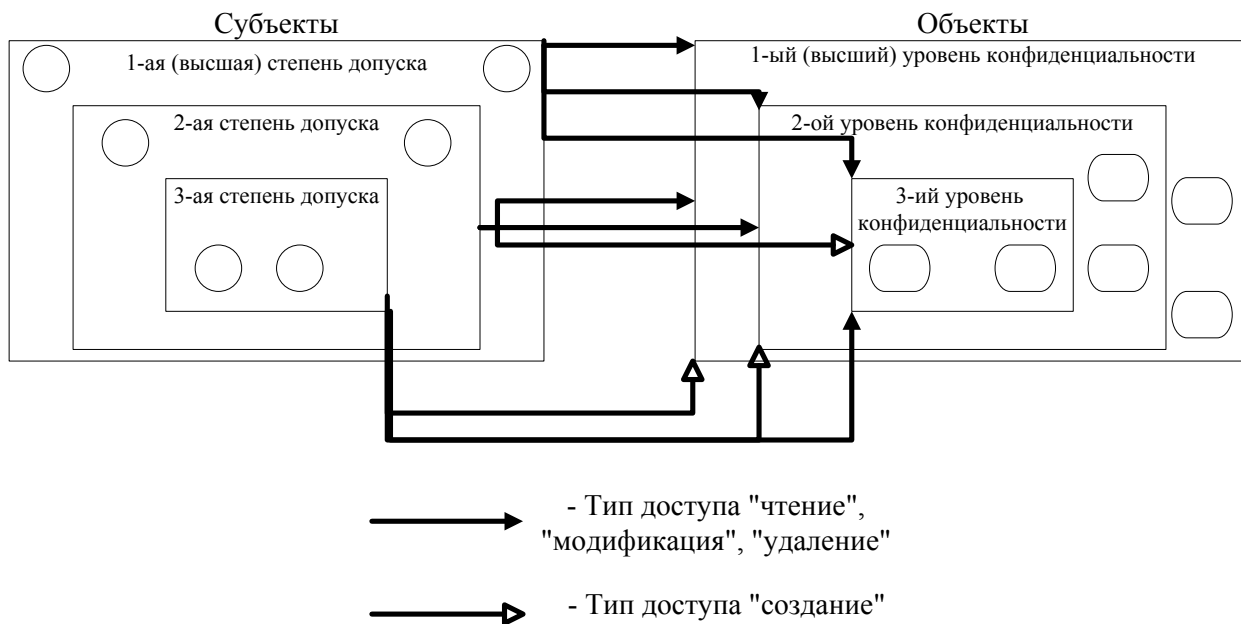


Рис. 1. Взаимодействие субъектов и объектов

$v_j^i$  — некоторое количественное значение признака  $p_j \in P$  для множества  $m_i \in M$  [1].

В целях определенности положим, что любой  $v_j^i$  принимает действительное значение. Каждый вектор значений признаков  $v_i = (v_1^i, v_2^i, \dots, v_q^i)$  представим в виде матрицы  $MD$ , размерность которой  $n \times q$ , а каждая строка которой равна значениям вектора  $v_i$ , данная матрица имеет прямоугольный вид, в некоторых случаях при определении каждому элементу одного признака матрица будет квадратной.

Используем для решения задачи анализа МСО нечеткий кластерный анализ [4].

Формулирование задачи нечеткого кластерного (НК) анализа определяется следующим образом: на основе исходных данных матрицы  $MD$  устанавливается некоторое нечеткое разбиение  $R(M) = \{M_k \mid M_k \subseteq M\}$ , или некоторое нечеткое покрытие  $J(M) = \{M_k \mid M_k \subseteq M\}$  МСО на число  $c$  нечетких кластеров  $M_k$ , где  $k \in \{2, 3, \dots, c\}$ , а нечеткое разбиение (покрытие) определяет экстремум целевой функции  $func(R(M))$  в нечетких разбиениях или экстремум целевой функции  $func(J(M))$  в нечетких покрытиях [5].

Уточнение вида целевой функции и типов искомым нечетких кластеров требуется для решения задачи МСО в каждой КС (определение нечеткого разбиения или покрытия).

Определим нечеткую реляционную модель данных, а также требование и ограничение модели [6].

Схема отношения  $R$  является конечным множеством имен атрибутов  $\{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ . Для каждого имени атрибута  $M_i$  сопоставляется множество  $D_i$ , данное множество будет являться доменом атрибута  $M_i$ ,  $i \in \overline{\{1, n\}}$ . Пусть каждый домен будет представлен произвольным непустым конечным или счетным множеством, а также  $D_i = \langle D_1, D_2, \dots, D_n \rangle$ .

При определении задачи МСО необходимо ввести нечеткие домены реляционных отношений, для этого дополнительно вводятся имена атрибутов  $M_i$ , универсальное множество  $X$ , а также терминальное множество значений  $T$  (в общем случае — нечеткие метки).

Нечеткое отношение представляет собой конечное множество отображений  $\{t_1, t_2, \dots, t_p\}$  из  $R$  в  $D$ , для этого необходимо, чтобы хотя бы одно  $(t_i \in D_i)$ , где  $D_i$  — нечеткий домен.

В данном случае такая модель представления ориентирована на представление нечетких чисел, а в нашем случае это и есть нечеткие МСО. Следовательно, домен атрибута нечеткого числа является множеством действительных чисел. Определение нечетких чисел основано на таких показателях, как функция принадлежности и лингвистическая оценка. Лингвистической оценкой называется одно из возможных значений лингвистической переменной, при определении соответствующих термов [7].

В целях эффективной кластеризации используются следующие действия:

Используется функция оценки сепарабельности и компактности, где функция сепарабельности — функция, при применении нескольких переменных которой имеется возможность разделения влияния аргументов на общий результат (при использовании МСО некоторые объекты или субъекты должны быть выделены); функция компактности — функция реализации одного и того же образа, отражающаяся в признаковом пространстве в геометрически близкие точки и образующиеся скомпонованные сгустки (при использовании МСО некоторые объекты и субъекты могут быть объединены в единые группы).

Для обеспечения максимальной кластеризации МСО необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Произведем инициализацию разбиений с использованием метода, тогда разделение объектов будет настолько максимально, насколько это возможно.
2. Применяя методы оптимизации, находим локальный оптимум.
3. Переходим на следующую итерацию.

Данная последовательность действий выполняется до его сходимости, обеспечивая максимальную кластеризацию МСО.

Данный подход позволяет найти оптимальное решение для количества кластеров  $c$ , с помощью алгоритма объединения находим разбиение  $c - 1$ .

Используя оптимизированный максиминный метод в сочетании со стратегией слияния, всегда можно сформировать оптимальные варианты для переменного количества кластеров [1].

С помощью функций оценки, которые основаны на мерах сепарабельности и компактности, выбираем оптимальный вариант кластеризации.

Алгоритм нечеткой кластеризации:

Вход: множество данных  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ .

Шаг 1.  $c_{opt} = \max num$ ,  $i = 1$ , где  $\max num$  — максимальное количество кластеров. Выберем случайным образом объект  $x \in X$  в качестве точки старта  $m$ . Выполним многошаговый максиминный алгоритм с параметрами  $X, c, i, m$ , производя поиск оптимального множества кластеров  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_c\}$  для  $c$ . Вычислим функцию оценки  $SC$  для  $C$ , состоящую в выполнении двух последовательных действий. Сначала обеспечиваем слияние значений одного класса кластеров, а затем — разделение разных классов (использование слияния объектов и субъектов одной группы и разбиение групп обеспечивает возможность применения данного алгоритма для МСО).

Шаг 2. Выполним алгоритм слияния, получая множество кластеров  $C = \{C'_1, C'_2, \dots, C'_c\}$ , выберем центр

$C'_1$ , в качестве точки старта  $m$ ,  $c = c - 1$ ,  $i = 2$ . Выполним многошаговый максиминный алгоритм с параметрами  $X, c, i, m$  для поиска оптимального множества кластеров  $C^* = \{C_1^*, C_2^*, \dots, C_c^*\}$  для индекса  $c$ . Вычислим функцию оценки  $SC$  для  $C^*$  и обозначим как  $SC^*$ . Если  $SC^* > SC$ , тогда  $SC = SC^*$ ,  $C = C^*$ ,  $c_{opt} = c$ . Повторяем шага 2, пока не будет  $c \leq 2$ . Вывод:  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_{opt}\}$  — оптимальное множество кластеров.

Выход: оптимальное множество кластеров  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_c\}$ .

2 Этап имеет ряд преимуществ перед другими алгоритмами кластеризации.

В целях проверки данного алгоритма на КС проведен опрос администраторов о множествах субъектов и объектов. Для анализа использовались такие разделы, как защищенность объектов, общие данные по объектам и субъектам, уровень активности субъектов, возможность перемещения объектов, возможность доступа к объектам из глобальной сети, уровень ответственности субъекта за присвоенные ему объект и т. д.

Основной целью данного опроса являлось изучение уровня субъектов и уровня секретности объектов. Такие данные необходимы для управления администраторами сетью, разработки мер, направленных на повышение защиты информации в целях компьютерной безопасности.

На большинство вопросов нельзя дать ответы, которые могут быть выражены в точной количественной мере, например: «Как часто на объекте появляется финансовая информация по организации?». Варианты ответов: часто, редко, никогда. Кластеризация в таком случае является трудоемкой задачей, так как на классы делятся различные лингвистические переменные. Для анализа необходимо соответствие меткам функций принадлежности для пригодности обработки информации.

Для проверки были использованы данные Московского государственного университета приборостроения и информатики, данные приведены в табл. 1.

Результат кластеризации объектов представлен на рис. 2.

Анализ кластеризации объектов показал, что в рамках университета наиболее выделяется класс объектов среднего уровня доступности и низший класс, чаще всего такие объекты — это общедоступные лабораторные работы для студентов и т. д. Данные по анализу субъектов приведены в табл. 2.

Результат кластеризации субъектов представлен на рис. 3.

Результаты анализа показаны на основе выделения кластера, представители которого являются преподавателями университета. Стоит отметить, что преподава-

Таблица 1. Функции принадлежности объектов

Имя переменной	Класс объекта	Функция принадлежности
Уровень доступности	Высший	0,3
Уровень доступности	Средний	0,8
Уровень доступности	Минимальный	0,5
Класс объекта	Наивысший	0,2
Класс объекта	Средний	0,4
Класс объекта	Низший	0,8

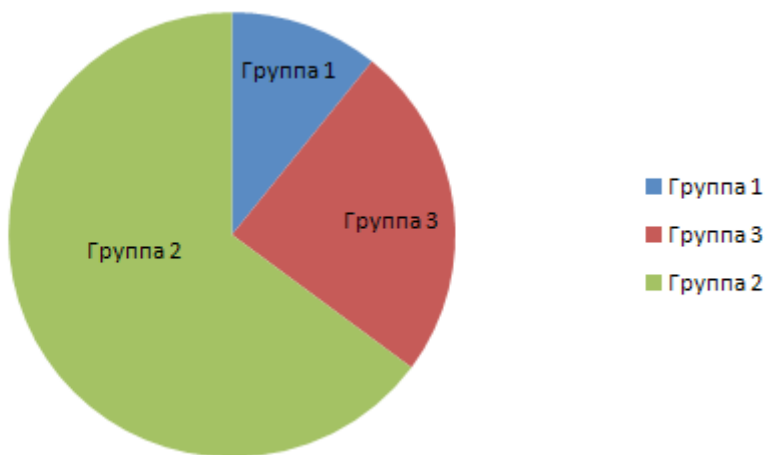


Рис. 2. Кластеризация объектов

Таблица 2. Функции принадлежности субъектов

Имя переменной	Класс объекта	Функция принадлежности
Уровень активности	Высший	0,8
Уровень активности	Средний	0,4
Уровень активности	Минимальный	0,2
Класс субъекта	Наивысший	0,8
Класс субъекта	Средний	0,4
Класс субъекта	Низший	0,2

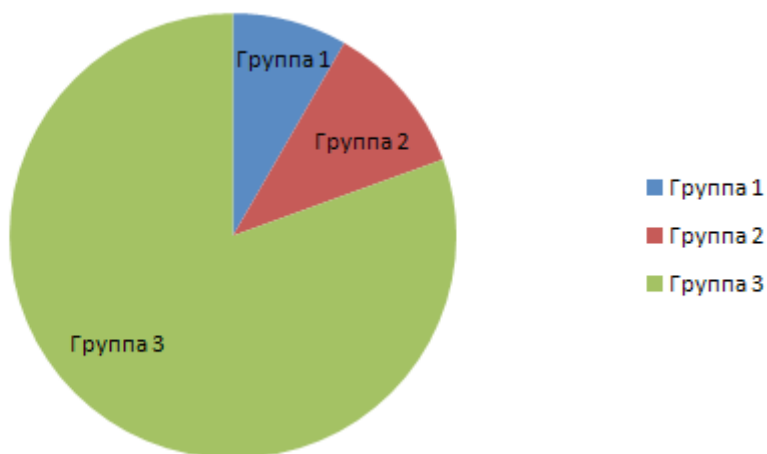


Рис. 3. Кластеризация субъектов

тели часто работают дома, причем общая активность из-за этого не падает.

Подавляющее большинство активных субъектов — являются студентами, а объекты — диски общего доступа с выложенными (и выкладываемыми) на них лабораторными (домашними) работами.

Использование математического аппарата, позволяющего провести анализ МСО позволяет выполнить программную реализацию программного продукта, позволяющего проводить анализ любой КС [4]. Стоит отметить, что опрос экспертов возможен на любом количестве и составе вопросов. Алгоритм кластеризации позволил провести группировку распределенных данных.

#### Литература:

1. Сумкин, К. С. Модель разграничения прав доступа и программная реализация модели для компьютерных сетей / Диссертация на соискания ученой степени кандидата технических наук. М.: МГУПИ. 2009.
2. IFSA»97. Prague. Seventh International Fuzzy System Association World Congress. University of Economics Prague. Fuzzy Neural Networks. Tutorium, IFSA»97, Prague, 1997. 37 pp.
3. Tatra Mountaints. Mathematical Publications / Bratislava. Mathematical Institute Slovak Academy of Sciences, Vol. 13, 1997.
4. Eufit»986th European Congress on Intelligent Techniques and Soft Computing ELITE — European Laboratory for Intelligent Techniques Engineering. Hrsg. Von Prof. Dr. Dr. h. c. Hans-Jurgen Zimmermann. — Aachen: Mainz, 1998 ISBN3–89653–500–5. Munich 2013. p. 23–26.
5. Горбоконенко, Е. А., Ярушкина Н. Г. Представление нечеткой информации в СУБД / Труды 7-ой национальной конференции по искусственному интеллекту. М.: Физматлит. 2000. с. 479–484.
6. Горбоконенко, Е. А., Ярушкина Н. Г. Применение нечеткой СУБД в САПР / Труды конгресса «Искусственный интеллект в XXI веке. Научное издание. М.: Физматлит. 2001. с. 142–149.
7. Городецкий, В. И. Современное состояние технологии извлечения знаний из баз и хранилищ данных. Часть 1 / Новости ИИ. 2002. № 3. с. 36–39.

## Материальный расчёт и подбор оборудования для производства бифидумбактерина

Мадаминов Дилшодбек Курамбоевич, преподаватель  
Ургенчский государственный университет имени Аль-Хорезми (Узбекистан)

Ухудшение условий окружающей среды, несбалансированность и недостаток питания, применение при лечении ряда заболеваний антибиотиков, вызывая ослабление природного иммунитета, как следствие нарушают микробиологические системы желудочно-кишечного тракта — составной части общей иммунной системы.

Решение проблемы поддержания и восстановления нормальной кишечной микрофлоры человека может быть осуществлено по трем направлениям. Первое — это употребление живых бифидо- и лактобактерий в виде бакпрепаратов, второе — употребление пищевых добавок с бифидо- и лактобактериями и третье — обязательное включение в рацион кисломолочных пробиотических продуктов.

Характеристика сырья (молочная сыворотка).

Молочная сыворотка — это жидкость, которая остается после сворачивания и процеживания молока. В зависимости от вырабатываемого продукта получают под сырную, творожную и казеиновую сыворотку. Молочная сыворотка отделяется после свертывания молока (точнее молочного белка — казеина), в результате изменения

(снижение) рН до 4.6 ед. под воздействием молочной кислоты, образуемой микроорганизмами.

Соли и микроэлементы молока — содержание поваренной соли — 10,8% (сухих веществ). Из микроэлементов: железа — 408–846 мкг/кг; меди — 7,6–17,0 мкг/кг; марганца — 27,4 мкг/кг; цинка — 3,108 мкг/кг; кобальта — 0,085–1,0 мкг/кг; йода — 44,5 мкг/кг и более 20 других наименований. Вода (93,7%).

Использование бифидобактерий в производстве молочных продуктов.

Бифидоряженка имеет очень густую консистенцию, обладающую приятным вкусом, утоляющим жажду в самую жаркую погоду. Ряженка способна нормализовать содержание бифидобактерий в организме.

Бифидокефир содержит кроме кефирной закваски биокомплекс — уникально подобранный комплекс бифидобактерий природного происхождения, прекрасно сочетающих питательные и полезные свойства для детей раннего возраста и также людей, страдающих повышенной кислотностью.

Таблица 1

Молочная сыворотка	
Пищевая ценность на 100 г продукта	
Энергетическая ценность 27 ккал 112 кДж	
Белки	0,846 г
Жиры	0,36 г
Углеводы	5,14 г
Кальций	47 мг

Бифидопростакваша — это кисломолочный напиток, выработанный из пастеризованного молока путем сквашивания его закваской, приготовленный на чистых культурах молочнокислых бактерий и бифидобактерий.

**Материальный расчёт производства бифидумбактерина**

В связи с тем, что ни одну технологическую операцию невозможно провести без информации о количественном и качественном составе перерабатываемого сырья и его массе на разных этапах производства, в данном разделе произведен материальный расчет с последующим подбором оборудования в линию.

Материальный расчет.

**1. Масса молочной сыворотки, перерабатываемой на бакпрепарат:**

$$M_{\text{сыв. норм.}} = 16000 \text{ кг.}$$

**2. Масса сыворотки с учётом потерь при сепарировании:**

$$M_{\text{сыв. теор.}} = M_{\text{сыв. норм.}} \cdot (100 - P_{\text{сеп.}}) / 100,$$

где  $P_{\text{сеп.}} = 0,454\%$  — нормативные потери сырья при сепарировании.

$$M_{\text{сыв. теор.}} = 16000 \cdot (100 - 0,454) / 100 = 15927,36 \text{ кг.}$$

**3. Потери при сепарировании:**

$$M_{\text{сеп.}} = M_{\text{сыв. норм.}} - M_{\text{сыв. теор.}} = 16000 - 15927,36 = 72,64 \text{ кг.}$$

**4. Масса обезжиренной сыворотки:**

$$M_{\text{об. сыв.}} = M_{\text{сыв. теор.}} \cdot (Ж_{\text{сл.}} - Ж_{\text{сыв.}}) / (Ж_{\text{сл.}} - Ж_{\text{об. сыв.}}),$$

Где  $Ж_{\text{сл.}} = 30\%$  — содержание жира в подсырных сливках;

$Ж_{\text{сыв.}} = 0,5\%$  — содержание жира в сыворотке;

$Ж_{\text{об. сыв.}} = 0,1\%$  — содержание жира в обезжиренной сыворотке.

$$M_{\text{об. сыв.}} = 15927,36 \cdot (30 - 0,5) / (30 - 0,1) = 15688,05 \text{ кг.}$$

**5. Масса сливок:**

$$M_{\text{сл.}} = M_{\text{сыв. теор.}} \cdot (Ж_{\text{сыв.}} - Ж_{\text{об. сыв.}}) / (Ж_{\text{сл.}} - Ж_{\text{об. сыв.}}),$$

$$M_{\text{сл.}} = 15927,36 \cdot (0,5 - 0,1) / (30 - 0,1) = 239,3 \text{ кг.}$$

**6. Масса кислоты, пошедшей на нейтрализацию:**

$$M_{\text{орг. к.}} = 0,01 \cdot K_{\text{орг. к.}} \cdot M_{\text{об. сыв.}}$$

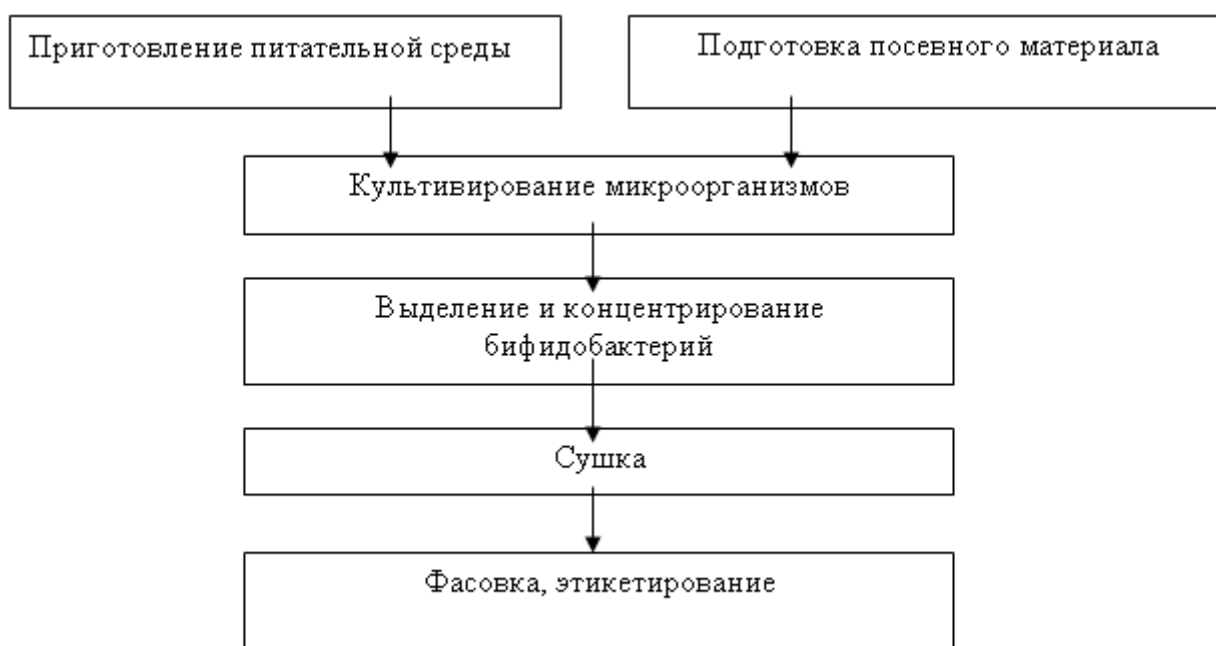


Рис. 1. Схема производства бифидобактерина



Где  $K_{\text{орг.к}}$  — доза внесения органической кислоты (0,5–0,7 %).

$$M_{\text{орг.к.}} = 0,01 \cdot 0,7 \cdot 15688,05 = 109,81 \text{ кг.}$$

**7. Масса нейтрализованной сыворотки, с учетом внесения кислоты:**

$$M_{\text{н. сыв.}} = M_{\text{об. сыв.}} + M_{\text{орг.к}}$$

$$M_{\text{н. сыв.}} = 15688,05 + 109,81 = 15797,86 \text{ кг.}$$

**8. Масса производственной питательной среды:**

$$M_{\text{п.с.}} = M_{\text{н. сыв.}}$$

$$M_{\text{п.с.}} = 15797,86 \text{ кг.}$$

**9. Масса посевной культуры:**

$$M_{\text{п.к.}} = 0,01 \cdot K_{\text{п.к.}} \cdot M_{\text{п.с.}}$$

Где  $K_{\text{п.к.}}$  — посевная доза (3–5 % от массы производственной питательной среды).

$$M_{\text{п.к.}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 15797,86 = 789,9 \text{ кг.}$$

**10. Масса прироста биомассы:**

$$M_{\text{п.б.}} = 0,001 \cdot K_{\text{п.б.}} \cdot M_{\text{п.с.}}$$

Где  $K_{\text{п.б.}}$  — прирост биомассы (2–3 г/л производственной среды);  $M_{\text{п.б.}} = 0,001 \cdot 0,003 \cdot 15797,86 = 0,047 \text{ кг.}$

**11. Массы питательной среды и посевной культуры для предварительной ферментации, а также прироста биомассы на стадии предферментации:**

$$M_{\text{п.с.2}} = M_{\text{п.к.}} / 1,050003,$$

$$M_{\text{п.с.2}} = 789,9 / 1,050003 = 752,28 \text{ кг.}$$

$$M_{\text{п.к.2}} = 0,01 \cdot K_{\text{п.к.}} \cdot M_{\text{п.с.2}}$$

$$M_{\text{п.к.2}} = 0,01 \cdot 5 \cdot 752,28 = 37,61 \text{ кг.}$$

$$M_{\text{п.б.2}} = 0,001 \cdot K_{\text{п.б.}} \cdot M_{\text{п.с.2}}$$

$$M_{\text{п.б.2}} = 0,001 \cdot 0,003 \cdot 752,28 = 0,0022 \text{ кг.}$$

**12. Масса культуральной жидкости:**

$$M_{\text{к.ж.норм.}} = M_{\text{п.с.}} + M_{\text{п.к.}} + M_{\text{п.б.}}$$

$$M_{\text{к.ж.норм.}} = 15797,86 + 789,9 + 0,047 = 16587,8 \text{ кг.}$$

**13. Масса культуральной жидкости с учетом потерь при центрифугировании:**

$$M_{\text{к.ж.теор.}} = M_{\text{к.ж.норм.}} \cdot (100 - \Pi_{\text{ц}}) / 100,$$

где  $\Pi_{\text{ц}} = 5\%$  — нормативные потери при центрифугировании;

$$M_{\text{к.ж.теор.}} = 16587,8 \cdot (100 - 5) / 100 = 15758,416 \text{ кг.}$$

**14. Масса потерь при центрифугировании:**

$$M_{\text{ц.}} = M_{\text{к.ж.норм.}} - M_{\text{к.ж.теор.}}$$

$$M_{\text{ц.}} = 16587,8 - 15758,416 = 829,384 \text{ кг.}$$

**15. Масса баксуспензии до внесения защитной среды:**

$$M_{\text{б.ц.}} = A_{\text{к.ж.}} \cdot M_{\text{к.ж.теор.}} / A_{\text{б.ц.}}$$

Где  $A_{\text{к.ж.}}$  — активность культуральной жидкости ( $5 \cdot 10^5$  КОЕ/г)

$A_{\text{б.ц.}}$  — активность баксуспензии, поступающей на сублимационную сушку ( $10^7$  КОЕ/г)

$$M_{\text{б.ц.}} = (5 \cdot 10^5 \cdot 15758,416) / 10^7 = 787,92 \text{ кг.}$$

**16. Масса баксуспензии (с учетом внесения защитной среды):**

$$M_{\text{б.с.норм.}} = M_{\text{б.ц.}} \cdot 100 / (100 - K_{\text{з.с.}}),$$

Где  $K_{\text{з.с.}} = 5\%$  — доза внесения защитной среды

$$M_{\text{б.с.норм.}} = 787,92 \cdot 100 / (100 - 5) = 829,39 \text{ кг.}$$

**17. Масса осветленной жидкости, получаемой при концентрировании микробных клеток:**

$$M_{\text{ос.ж.}} = M_{\text{к.ж.теор.}} - M_{\text{б.ц.}}$$

$$M_{\text{ос.ж.}} = 15758,416 - 787,92 = 14970,496 \text{ кг.}$$

**18. Масса защитной среды:**

$$M_{\text{з.с.}} = M_{\text{б.с.норм.}} - M_{\text{б.ц.}}$$

$$M_{\text{з.с.}} = 829,39 - 787,92 = 41,47 \text{ кг.}$$

**19. Масса компонентов защитной среды:**

$$M_{\text{з.с.}} = M_{\text{сах.}} + M_{\text{жел.}} + M_{\text{мол.с.}} + M_{\text{БСК}} + M_{\text{в.}}$$

Где  $M_{\text{сах.}}$  — масса сахарозы в составе защитной среды в конечной суспензии;

$M_{\text{жел.}}$  — масса желатина;

$M_{\text{мол.с.}}$  — масса молочной сыворотки;

$M_{\text{БСК}}$  — масса бифидогенного концентрата;

$M_{\text{в.}}$  — масса воды.

$$M_{\text{сах.}} = 0,01 \cdot K_{\text{сах.}} \cdot M_{\text{з.с.}}$$

Где  $K_{\text{сах.}}$  — процентное соотношение сахарозы от массы защитной среды в конечной суспензии (5–8 %)

$$M_{\text{сах.}} = 0,01 \cdot 8 \cdot 41,47 = 3,32 \text{ кг.}$$

$$M_{\text{жел.}} = 0,01 \cdot K_{\text{жел.}} \cdot M_{\text{з.с.}}$$

Где  $K_{\text{жел.}}$  — массовая доля желатина в конечной суспензии (1–1,5 % от массы защитной среды)

$$M_{\text{жел.}} = 0,01 \cdot 1,5 \cdot 41,47 = 0,62 \text{ кг.}$$

$$M_{\text{мол.с.}} + M_{\text{БСК}} = 0,01 \cdot K_{\text{см.}} \cdot M_{\text{з.с.}}$$

Где  $K_{\text{см.}}$  — массовая доля смеси молочной сыворотки и бифидогенного концентрата в конечной суспензии (12–25 % от массы защитной среды); соотношение в смеси молочной сыворотки и бифидогенного концентрата составляет (34–35):1

$$M_{\text{мол.с.}} = 0,01 \cdot 24,3 \cdot 41,47 = 10,07 \text{ кг.}$$

$$M_{\text{БСК}} = 0,01 \cdot 0,7 \cdot 41,47 = 0,3 \text{ кг.}$$

$$M_{\text{в.}} = M_{\text{з.с.}} - (M_{\text{сах.}} + M_{\text{жел.}} + M_{\text{мол.с.}} + M_{\text{БСК}}),$$

$$M_{\text{в.}} = 41,47 - (3,32 + 0,62 + 10,07 + 0,3) = 27,16 \text{ кг.}$$

**20. Активность баксуспензии до внесения защитной среды:**

$$A_{\text{б.ц.}} = M_{\text{б.с.норм.}} \cdot A_{\text{б.с.}} / M_{\text{б.ц.}}$$

Где  $A_{\text{б.с.}} = 1 \cdot 10^7$  КОЕ/г — стандартная активность баксуспензии, поступающей на сублимационную сушку.

$$A_{\text{б.ц.}} = 829,39 \cdot 10^7 / 787,92 = 1,05 \cdot 10^7 \text{ КОЕ/г.}$$

**21. Масса баксуспензии с учетом потерь активности при фасовании и сушке препарата:**

$$M_{\text{б.с.теор.}} = M_{\text{б.с.норм.}} \cdot (100 - \Pi_{\text{с}}) / 100,$$

где  $\Pi_{\text{с}} = 3\%$  — нормативные потери при фасовании и сушке;

$$M_{\text{б.с.теор.}} = 829,39 \cdot (100 - 3) / 100 = 804,5 \text{ кг.}$$

**22. Масса потерь при сушке:**

$$M_{\text{с.}} = M_{\text{б.с.норм.}} - M_{\text{б.с.теор.}}$$

$$M_{\text{с.}} = 829,39 - 804,5 = 24,89 \text{ кг.}$$

**23. Масса готового продукта:**

$$M_{\text{г.п.}} = M_{\text{б.с.теор.}} \cdot A_{\text{б.с.}} / A_{\text{г.п.}}$$

где  $A_{\text{г.п.}} = 1,6 \cdot 10^8$  КОЕ/г — стандартная активность готового бакпрепарата;

$$M_{\text{г.п.}} = 804,5 \cdot 10^7 / 1,6 \cdot 10^8 = 50,28 \text{ кг.}$$

**24. Масса влаги, испарённой при сушке бакпрепарата:**

$$V_{\text{с.}} = M_{\text{б.с.теор.}} - M_{\text{г.п.}}$$

$$V_c = 804,5 - 50,28 = 754,22 \text{ кг.}$$

### 25. Материальный баланс:

$$M_{\text{сыв. норм.}} + M_{\text{орг. к.}} + M_{\text{п. к.}} + M_{\text{п. б.}} + M_{\text{з. с.}} = M_{\text{сеп.}} + M_{\text{сл.}} + 16941,22 = 16941,22 \text{ (кг)}$$

$$M_{\text{ц.}} + M_{\text{ос. ж.}} + M_{\text{с.}} + M_{\text{г. л.}} + V_c$$

$$16000 + 109,81 + 789,9 + 0,047 + 41,47 = 72,64 +$$

$$239,3 + 829,39 + 14970,496 + 24,89 + 50,28 + 754,22;$$

$$16941,22 = 16941,22 \text{ (кг)}$$

### Литература:

1. Степаненко, П.П. Микробиология молока и молочных продуктов: Учебник для ВУЗов — Сергиев Посад: ООО «Всё для Вас — Подмоскowie», 1999.
2. Храмова, А.Г., Нестеренко П.Г. Продукты из обезжиренного молока, пахты и молочной сыворотки — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
3. Нечаев, А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Химия пищи — СПб.: ГИОРД, 2003.
4. Залашко, М.В. Биотехнология переработки молочной сыворотки — М.: Агропромиздат, 1990.
5. Кочетков, Н.К., Бочков А.Ф., Дмитриев Б.А. и др. Химия углеводов — М.: Химия, 1967.
6. Шендеров, Б.А., Манвелова М.А. Функциональное питание и пробиотики: микрoэкологические аспекты — М.: Агар, 1997.
7. Нестеренко, П.Т., Самойлов В.Г. Оборудование предприятий молочной промышленности — СПб.: ГИОРД, 2004.
8. Ростроса, Н.К., Мордвинцева П.В. Курсовое и дипломное проектирование предприятий молочной промышленности — М.: Агропромиздат, 1989.

## Теоретические предпосылки для оценки показателей надежности устройства передачи сигналов с использованием программируемых логических интегральных схем в составе волоконно-оптических систем связи

Машарипов Отабой Матякубович, ассистент;

Юсупов Темура Ахмедович, ассистент;

Насурлаев Ильдар Ренатович, студент

Ташкентский университет информационных технологий, Ургенчский филиал (Узбекистан)

*В статье авторами излагаются теоретические предпосылки для оценки показателей надежности устройств передачи сигналов (УПС) с использованием программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), предназначенных для повышения надежности связи, а также для определения маршрута телекоммуникационных сетей в составе волоконно-оптических систем связи.*

**Ключевые слова:** ЭВМ, УПС, ПЛИС, надежность, отказ, сбои

По мере развития инфраструктуры Республики Узбекистан увеличивается значение оптических систем передачи информации по каналам связи. Совершенствование систем автоматизированного управления на основе сетей ЭВМ, разработка высокоскоростных и интегральных сетей связи для передачи данных, документальных, факсимильных и речевой информации различной физической природы и качества, имеющей высокие технико-экономические характеристики. К таким характеристикам относятся высокая относительная скорость передачи и малое затухание по оптическим каналам различного качества, высокая и гарантированная надежность доставки сообщения по оптическим каналам связи.

Говоря о проблемах надежности, а именно о задаче ее предсказания и обеспечения в будущем, нужно иметь в виду все многообразие этой проблемы, начиная с проектирования, изготовления и испытания опытных образцов и кончая серийным изготовлением, приемкой готовой продукции и ее дальнейшей эксплуатацией. Таким образом, если проблему надежности применительно к какому-то конкретному техническому устройству рассматривать в целом, то следовало бы начать с изучения вопросов квалификации и изобретательности проектировщика, совершенства испытательной аппаратуры, методов измерения и обработки их результатов, а закончить исследованием технологии изготовления и условий эксплуатации готовой продукции.

Под надежностью обычно понимают способность элемента или устройства сохранять свои свойства при определенных условиях эксплуатации, что позволяет использовать элемент или устройства по назначению. Если эту совокупность

свойств считать соответственно мерилем качества элемента или устройства, то надежность представляет собой характеристику качества, отнесенную ко времени или числу успешно выполненных операций. К числу выполненных операций надежность целесообразно относить в тех случаях, когда устройства или отдельные ее элементы по характеру своего назначения выполняют кратковременные задачи, бездействуя остальное время, так что успех выполнения каждой последующей операции в основном зависит только от суммарного числа подобных операций, выполненных ранее. Соответственно частичная или полная утрата указанных выше свойств, приводящая к невозможности выполнения элементом или устройством определенных функций, носит названия частичного или полного отказа элемента, или устройства.

Существует много причин, обуславливающих надежность элементов и устройств. Если провести классификацию этих причин, то первую группу составят ошибки, допущенные при конструировании, определении условий и режимов эксплуатации, изготовлении и монтаже оборудования. Ошибки, допущенные при конструировании, изготовлении и установке, обычно проявляются в ранний период эксплуатации, вызывая отказы так называемого инфантильного периода. Для этого периода в результате указанных ошибок характерен некоторый пик частоты отказов.

Другая группа факторов приводит к постепенному утрачиванию элементом или устройством ряда их функциональных свойств, или, иначе, износу. Процесс износа происходит под влиянием постоянно действующих факторов, имеющих и случайный, и детерминированный характер. В этом и состоит влияние условий эксплуатации. Однако естественное завершение процесса износа имеет случайный характер. Следует упомянуть еще об одной группе воздействий, обуславливающих отказы элементов и устройств. Их составляют непредвиденные и, вообще говоря, непредсказуемые воздействия обычно физического характера. Эти внезапные по своей природе воздействия даже при отсутствии у элемента или устройства видимых ухудшений функциональных свойств приводят к отказам, которые называют мгновенными или катастрофическими. Иногда результат таких воздействий обнаруживается по некоторому количественному признаку, связанному с возникновением отказов [1]. Этим количественным признаком служит постоянство во времени опасности отказов. Но для ряда устройств, как УПС с использованием ПЛИС содержащих разнотипные и разнородные по своему принципу действия элементы, такое постоянство может стать следствием проводимых замен и под регулировок, ставших «плохими» узлов, и отнюдь не исключает возможности постепенного старения отдельных элементов.

Перечисленные три группы воздействий приводят к необратимым изменениям свойств. Но существуют и такие воздействия, которые, не вызывая необратимых изменений в физической структуре элемента, проявляются в большинстве случаев кратковременного и только во время своего появления могут нарушить временно работоспособность элемента или устройства. Такие временные или самоустраняющиеся отказы именуется сбоями. Именно эти явления становится предпосылкой для оценки показателя надежности УПС с использованием ПЛИС в составе волоконно-оптических системах связи. По этой причине анализируя существующих проблемы и на основе этих проблем ситуация вынуждает сконструировать высокоэффективных устройств. Со стороны ученых выдвигается научно обоснованные идеи и предложения, а также, предлагаются разработки, проекты, устройства и оборудования. Наряду с этим авторам предложено модифицированного варианта, устройство передачи сигналов, основанных на базе программируемых, логических, интегральных схемах на основе разработанного устройства передачи сигналов [2] позволяющие повысить надежность связи в современных телекоммуникационных сетях. Следовательно, необходимо будет оценить степень влияния ее на показатели надежности ВОСС при спектральном уплотнении, предложенным устройством. Для этого требуется произвести расчет и оценить интенсивности отказов, суммируя все однородные элементы (ИМС) и передающих и приемных средств, по следующим формулам [3]:

$$\lambda_1(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(t) \quad (1) \quad \lambda_2(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_{np}(t) \quad (2) \quad \lambda_3(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_{nep}(t) \quad (3)$$

где:  $\lambda_1(t)$  — интенсивности отказов блок элементов, «ПЛИС, блоки матрица произведений», «ПЛИС, блоки суммы матриц», «ПЛИС, матрицы произведений», «ПЛИС, матрица суммы»  $\lambda_2(t)$ , и  $\lambda_3(t)$  — интенсивности отказов приемника передатчика и передатчика соответственно.

Основной характеристикой надежности УПС является вероятность  $P(t)$  его безотказной работы в течение времени  $t$ . Суммы интенсивности отказов равна:  $\lambda_1(t) = 55 \cdot 10^{-6}$ ,  $\lambda_2(t) = 20 \cdot 10^{-6}$ ,  $\lambda_3(t) = 20 \cdot 10^{-6}$ .

Учитывая суммы интенсивности отказов, т. е. числа отказов в единицу времени определяем вероятность безотказной работы в течение 2000 ч:  $P(2000) = e^{-\lambda(t)}$ .

$$P(t) = e^{-\lambda(t)} = e^{-55 \cdot 10^{-6} \cdot 2000} = 0.8958.$$

Результаты расчета отказоустойчивости ПЛИС выполнены работе [3] Воспользовавшись ими и данными приведенными выше результатами расчета основных показателей и характеристик, определяющую среднюю интенсивность и вероятность безотказной работы базового варианта устройства, получим соответственно базового и модифицированных вариантах. Которые составляют соответственно:

$$\lambda_{\text{б}}(t) = 55 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{4} P_{\text{б}}(t) = e^{-\lambda(t) \cdot t} = e^{-0.11} = 0.8958$$

$$\lambda_{\text{п}}(t) = 44.8 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{4} P_{\text{п}}(t) = e^{-\lambda(t) \cdot t} = e^{-0.089} = 0.9231$$

Сравнение этих данных позволяет, судить о том, что при одинаковых отрезках времени (при  $t=2000$  ч) вероятность безотказной работы модифицированного варианта выше, чем у базового варианта. Поэтому модификация базового варианта УПС значительно улучшает показатели надежности при использовании ПЛИС.

Для любой системы, одной из первых инженерных задач надежности является адекватное нормирование показателей надежности, например, в терминах требуемой готовности. Нормирование надежности — это установление в проектной или иной документации количественных и качественных требований к надежности. Требования по надежности относятся, как к самой системе и ее составным частям, так и к планам испытаний, к точности и достоверности исходных данных, формулированию критериев отказов, повреждений и предельных состояний, к методам контроля надежности на всех этапах жизненного цикла изделия. Например, требования по ремонтпригодности могут включать в себя показатели стоимости и времени восстановления. Оценка эффективности процессов технического обслуживания и ремонта является частью процесса FRACAS (failure reporting, analysis and corrective action system — система отчетов об отказах, анализа и коррекции действий).

Прогнозирование надежности является одной из наиболее общепринятых форм анализа надежности (reliability analysis). Прогнозирование надежности используется для оценивания проектных возможностей системы, сравнения альтернативных проектных решений, определения областей потенциальных отказов и контроля процессов повышения надежности.

Прогнозирование надежности играет большую роль в инженерной практике, в том числе и при планировании мероприятий по повышению показателей надежности. Повышение надежности может быть осуществлено как при проектировании, так и при производстве объекта, а также непосредственно при его эксплуатации. Основными методами повышения надежности являются резервирование, уменьшение интенсивности отказов элементов, уменьшение среднего времени восстановления, мероприятия по совершенствованию системы технического обслуживания и ремонта. Прогнозирование надежности позволяет также обосновать объем и номенклатуру запасных элементов. Существуют справочники и стандарты (например, MIL-HDBK-217, Bellcore/Telcordia для электронных изделий, NSWC для механических устройств), которые позволяют сформировать данные об интенсивности отказов или средней наработки между отказами (MTBF), которые используются в качестве входных параметров математической модели надежности системы. Для создания математической модели надежности технических систем, наиболее часто используются программные средства, реализующие такие технологии, как анализ видов, последствий и критичности отказов (АВПКО), структурные схемы надежности (ССН) или деревья неисправностей. Прогнозирование надежности позволяет также обосновать объем и номенклатуру запасных элементов.

При анализе параметров системной надежности учитывается структура системы, состав и взаимодействие входящих в нее элементов, возможность перестройки структуры и алгоритмов ее функционирования при отказах отдельных элементов.

Наиболее часто в инженерной практике рассматривают последовательное, параллельное, смешанное (последовательно-параллельное и параллельно-последовательное) соединение элементов, а также схемы типа «К из N», мостиковые соединения.

По возможности восстановления и обслуживания системы подразделяются на восстанавливаемые и невосстанавливаемые, обслуживаемые и необслуживаемые. По режиму применения (функционирования) — на системы непрерывного, многократного (циклического) и однократного применения.

В основном в качестве параметра надежности используется среднее время до отказа (MTTF), которое может быть определено, через интенсивность отказов или через число отказов на заданном отрезке времени. Интенсивность отказов математически определяется как условная плотность вероятности возникновения отказа изделия при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не произошел. При увеличении интенсивности отказов, среднее время до отказа уменьшается, надежность изделия падает. Обычно среднее время до отказа измеряется в часах, но также может выражаться в таких единицах как циклы и мили. В других случаях надежность может выражаться через вероятность выполнения задачи. Например, надежность полетов гражданской авиации может быть безразмерной, или иметь размерность в процентах, как это делается в практике системной безопасности. В отдельных случаях успешным результатом системы может являться едино разовое срабатывание. Это актуально для систем, которые рассчитаны на срабатывание всего 1 раз: например, подушки безопасности в автомобиле. В этом случае задается вероятность срабатывания или, как, например, для ракет, вероятность попадания в цель. Для таких систем мерой надежности является вероятность срабатывания. Для восстанавливаемых систем может задаваться такой параметр, как среднее время восстановления (ремонта) и время проверки (тестирования). Часто параметры надежности задаются в виде соответствующих статистических доверительных интервалов.

Вероятность безотказной работы — это вероятность того, что в пределах заданной наработки или заданном интервале времени отказ объекта не возникает. Вероятность безотказной работы обратна вероятности отказа и вместе с интенсивностью отказов определяет безотказность объекта. Показатель вероятности безотказной работы определяется статистической оценкой:

$$P(t) = \frac{N_0 - n(t)}{N_0} = 1 - \frac{n(t)}{N_0},$$

где  $n$  — исходное число работоспособных объектов, а  $N_0 - n(t)$  — число отказавших объектов за время  $t$ .

Вероятность безотказной работы группы объектов равна произведению вероятностей безотказной работы каждого объекта в этой группе:

$$P(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot \dots \cdot P_n(t) = \prod_{k=1}^n P_k(t),$$

где  $n$  — число объектов в группе.

Плотность распределения времени безотказной работы — безусловная плотность вероятности отказов за бесконечно малый интервал времени.

Литература:

1. А. Л. Райкин. Элементы теории надежности для проектирования технических систем. Издательство «Советское радио», 1967.
2. Э. Б. Махмудов, Д. В. Протопопов и Э. Н. Биктимиров А. С 1688427. Устройство передачи сигналов. 1991 г.
3. А. Л. Райкин Элементы теории надежности технических систем 1978 г.

## Экспериментальное определение нагруженности механизма перемещения материала с упругими связями швейной машины

Муродов Ориф Жумаевич, ассистент;  
Бобокулов Фарход Бахтиер угли, бакалавр;  
Шодиев Голиб Шодмонович, ассистент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований нагруженности механизма перемещения материала с упругими элементами швейных машин.*

**Ключевые слова:** метод электротензометрирования, латр, крутящий момент, тензорезистор, тензодатчики, осциллограммы

Для повышения технологических и технических характеристик швейных машин важным фактором является расчет отдельных рабочих органов с учетом сил, действующих на них. Б. А. Зайцевым [1] исследованы вибрации корпуса головки швейной машины, расчётным и экспериментальными методами определены влияние механизмов на амплитуду вынужденных колебаний. Исследования В. И. Левина [2] посвящены изучению крутильных колебаний валопровода швейной машины. Методом электротензометрирования определен характер крутильных колебаний главного вала при различных скоростных режимах и технологических нагрузках. До настоящего времени исследования по определению нагруженности коромысла механизма перемещения материала с учетом упругих связей не были рассмотрены. С целью опреде-

ления характера и величины сил, действующие в коромысле с упругими связями механизма перемещения материала нами проведены экспериментальные исследования.

Экспериментальный стенд содержит швейную машину 1022 кл. АО «Орша» и приводимую в движение электродвигателем постоянного тока типа ПН-5.

Скоростной режим регулировался в диапазоне частоты вращения главного вала до 4500 мин<sup>-1</sup>. Электрическая энергия через преобразователь переменного тока 7 преобразуется в постоянный и передается от латра 8 в электродвигатель 6. Последовательно, при разных скоростях проводились опыты и измеряли динамические нагрузки в механизме перемещения.

Для измерения крутящего момента на валу наклеивались тензорезисторы марки 2ФКРГ-20—200. Квадратная штам-



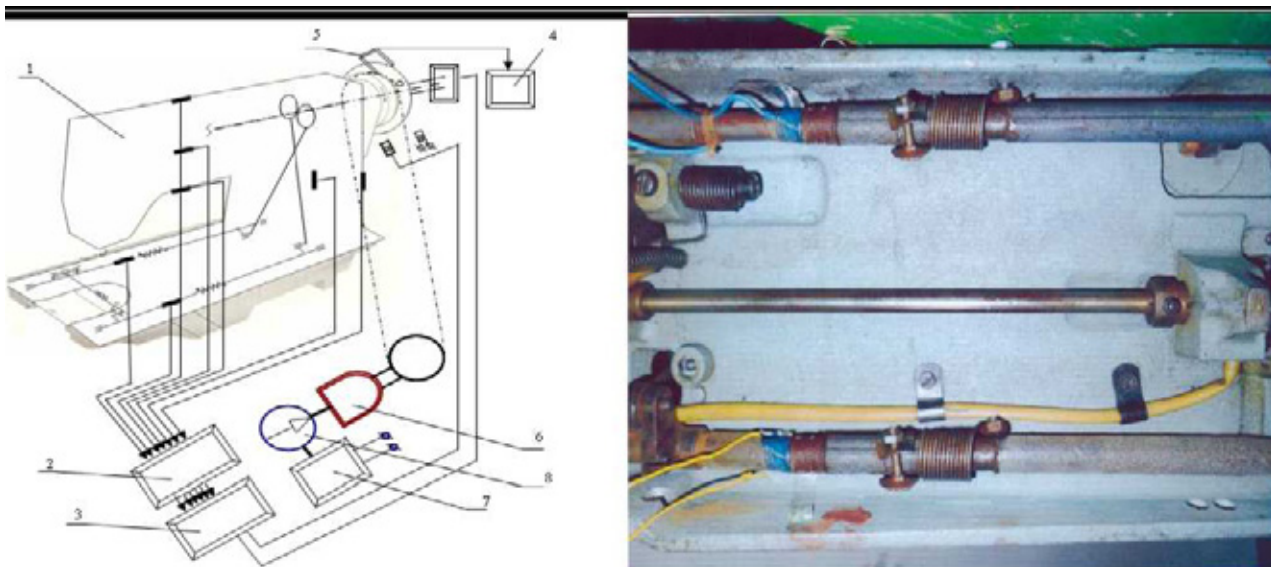


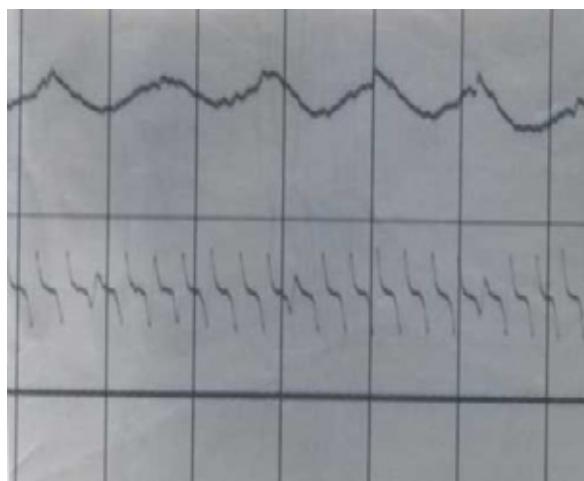
Рис. 1. Швейная машина. а — электротензометрическая схема швейной машины; б — общий вид коромысла механизма перемещения материала с наклеенными тензо-датчиками; 1 — швейная машина 1022 кл.; 2 — усилитель УТ-4; 3 — осциллограф Н 0143; 4-тахометр ЦАТ-2М; 5-фото датчик ФД-3 и осветитель; 6-электродвигатель постоянного тока; 7 — преобразователь переменного тока в постоянный и 8 — латр.

пованная подложка тензорезистора позволяет наклеить его строго под углом 45° к образующей вала, при этом сами тензорезисторы расположены под углом 90° относительно друг друга и под углом 45° к оси вала. Подключение тензорезисторов выполнялось по стандартной полумостовой схеме. На рис. 1б представлены валы коромысла подъема и продвижения с наклеенными тензодатчиками. На рис. 2 показаны полученные осциллограммы действующих сил.

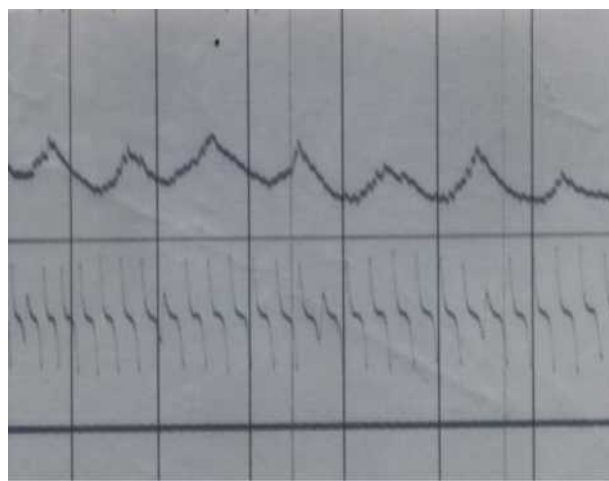
Обработка осциллографических записей осуществлялась методом ординат. Следует отметить, что частоту вращения вала кривошипа также измеряли магнитоэлектрическими датчиками на валах кривошипа и коромысла.

Из осциллограмм видно, что при использовании пружины кручения механизм перемещения [3,4] разгружается до 2,5 раза по сравнению с механизмом перемещения материала существующей швейной машины (без пружин кручения). Кроме того, при использовании пружины кручения амплитуда колебаний момента на валу коромысла продвижения материала также уменьшается, что важно при высоких скоростных режимах сшивания материалов в швейной машине.

С увеличением частоты вращения главного вала швейной машины увеличиваются соответственно частоты колебаний моментов на валах для обоих рассматриваемых



осц. 1 — при 4000 мин<sup>-1</sup>



осц. 2 — при 4000 мин<sup>-1</sup>

Рис. 2. Осциллограммы характеризующие законы изменения моментов нагружения вала коромысла продвижения механизма с пружиной кручения (осц. 1) и без него (осц. 2)

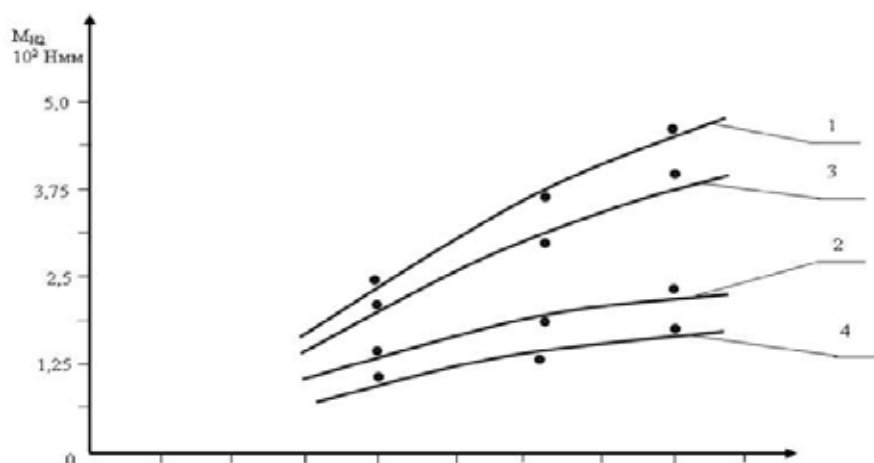


вариантов. Пружина кручения уменьшает среднее значение момента, в 2,0–2,5 раза на валу коромысла подъема по сравнению с существующим вариантом механизма перемещения материала. При этом следует отметить, что амплитуда колебаний момента нагружения вала коромысла подъема на 35...50% меньше, чем в предлагаемом варианте механизма. Но, высокочастотное составляющее несколько увеличивается в амплитудном компоненте. Эксперименты проводились при различных жесткостях пружин кручения. В представленных осциллограммах измерения проводилось при рекомендуемом варианте пружины 1-класса, 3-разряда, материал 6ОС2А, диаметр проволоки  $20-10^{-3}$  м, количество витков — 15, радиус пружины 9,0–10 м, крутильная жесткость  $2,3578-10^{-3}$  нм/рад.

Обработкой полученных осциллограмм были определены средние значения моментов сил нагружения валов коромысла продвижения и подъема. На рис. 3 представлены графические зависимости изменения средних значений моментов сил нагружения валов коромысла перемещения и подъема рассматриваемых механизмов

перемещения материала от изменения частоты вращения главного вала швейной машины. При увеличении частоты вращения главного вала от  $200 \text{ мин}^{-1}$  до  $4000 \text{ мин}^{-1}$ , среднее значение момента нагружения на валу коромысла продвижения увеличивается от 211,7 Нмм до 443,9 Нмм, а на валу коромысла подъема от 201,7 Нмм до 409,1 Нмм для механизма перемещения материала без использования пружин кручения. Соответственно при использовании пружин кручения (накопителей энергии) с увеличением частоты вращения главного вала от  $2000 \text{ мин}^{-1}$  до  $4000 \text{ мин}^{-1}$ , моменты сил нагружения вала коромысла продвижения увеличивается от 121,3 Нмм до 222,3 Нмм, а на валу коромысла подъема механизма перемещения материала от 98,7 Нмм до 203,9 Нмм.

Применение пружины кручения на валу коромысла продвижения фактически не влияет на амплитуду колебаний момента нагружения, разница составляет 8,0–10%. Но, на валу коромысла подъема амплитуда колебаний момента нагружения при использовании пружины кручения уменьшается до (0,035–0,47) —  $10^2$  Нмм при частоте вращения главного вала швейной машины  $4000 \text{ мин}^{-1}$ .



**Рис. 3. Зависимости изменения средних значений моментов сил нагружения валов коромыслов продвижения и подъема механизма перемещения материала от изменения частоты вращения главного вала швейной машины: 1,3 — без пружины кручения; 2,4 — с пружиной кручения; 1,2 — на валу коромысла продвижения; 3,4 — на валу коромысла подъема**

Выводы: методом тензометрирования получены закономерности нагружения валов коромысла продвижения и подъема рекомендуемого механизма. Получены графики

изменения значений моментов от частоты вращения главного вала швейной машины.

Литература:

1. Б. А. Зайцев Исследование вибраций корпуса головки швейной машины. Автореферат. канд. дисс., М., 1964, 21 с.
2. Б. И. Левин Исследование крутильных колебаний валопровода швейной машины. Автореферат. канд. дисс., М., 1962, 20 с.
3. Муродов, О., Джураев А. Механизм перемещения материала швейных машин. Пол. реш. на выдачу патента. Рес. Узб. FAP 20090069, 18.05.2010.
4. Немец, И. Практическое применение тензорезисторов. Пер. с чешского. М.: Энергия. — 1970. — 144 б.

## Кинематический анализ замкнутого рычажно-шарнирного механизма перемещения материала швейной машины

Муродов Ориф Жумаевич, ассистент;  
Бобокулов Фарход Бахтиер угли, бакалавр  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В статье приведены кинематические характеристики механизма перемещения материала и обоснования траектории движения точки механизма рейки.*

**Ключевые слова:** *двуплечий рычаг, рейка, кривошип, шатун, амплитуда колебаний*

В процессе перемещения материала рейка механизма швейной машины совершает не только горизонтальное, но и вертикальное движение. Траектория рейки имеет эллиптический вид [1]. При этом в рабочем режиме перемещение материала, площадь контакта рейки с материалом будет недостаточной, из-за криволинейной эллиптической траектории рейки. Для обеспечения достаточной площади контакта рейки с материалом необходима некоторая горизонтальная траектория рейки. Существующие механизмы перемещения материалов не обеспечивают такой закон движения рейки. Поэтому нами разработан новый механизм перемещения материала [2]. Основной целью кинематического анализа механизма перемещения материала является определение законов углового перемещения двуплечих рычагов подъема и горизонтального перемещения, а также рычага с рейкой, обоснование геометрических параметров механизма, обеспечивающих необходимую траекторию движения рейки (точки установки центра рейки на рычаге). В предлагаемой схеме механизма перемещения материала (см. рис. 1) рейка 6 получает движение от кривошипа шатун 8 и двуплечее коромысло 7 в горизонтальном направлении, а через правый кривошип 1, шатун 2, двуплечий рычаг 3, шатун 4 совершает вертикальные движения. Кинематический анализ осуществляем, используя метод замкнутых контуров [2]. Из представленной расчётной схемы выделили следующие векторные контуры треугольников: АКГ, КНГ, АВД, ВСД, ГНГ, ДЕГ. Механизм перемещения материала движется в плоскости ХАУ. Для рассматриваемых треугольных векторных контуров можно записать:

$$l_0 = l_1 + q_1; l'_0 + l_0 = l'_1 + q_2; l_3 = l_2 + q_1; l_7 = l_8 + l_7; l_5 = l'_7 + q_3; l_4 = l_3 + q_4 \quad (1)$$

где  $q_1, q_2, q_3, q_4$  — переменные по модулю векторы, определяющие положения точек В, К, Г звеньев механизма перемещения материала.

Угловые перемещения звеньев механизма:

$$\varphi_3 = \arctg \frac{l_0 - l_1 \sin \varphi_1}{l_1 \cos \varphi_1} + \arccos \frac{C_1}{D_1} \quad (2)$$

$$\varphi_4 = \arctg \frac{A_4}{B_4} + \arccos \frac{C_4}{D_4} \quad (3)$$

Численные решения задачи кинематики механизма перемещения материала производили при следующих значениях параметров:

$$l_1 = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad l'_1 = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad l_2 = 225 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad l_3 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad l'_3 = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad l_4 = 25 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \\ l_5 = 120 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad l_7 = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad l'_7 = 28 \cdot 10^{-3} \text{ м}; \quad l_8 = 225 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$\alpha_1 = 116^\circ; \alpha_7 = 11^\circ; \alpha_3 = 10^\circ; \omega_1 = 303,5 \text{ с}^{-1}.$$

Следует отметить, что параметры двуплечего рычага 7 обеспечивают горизонтальные перемещения рейки 6, а двуплечий рычаг (коромысло) 3 и шатун 4 обеспечивают подъём и опускание рейки 6. На рис. 2а представлены закономерности изменения угловых перемещений двуплечих рычагов (коромысла) 3 и 7 от углового перемещения кривошипов 1 и 2. Из них видно, что частота колебаний  $\varphi_3$  и  $\varphi_7$  одинаковы, соответствующие одному обороту кривошипов 1 и 2. Амплитуда колебаний  $\varphi_7$  доходит до  $18,4^\circ$ , а амплитуда колебаний  $\varphi_3$  доходит до  $13,7^\circ$  при расчётных значениях параметров механизма перемещения материала. Для уменьшения амплитуды колебаний  $\varphi_7$  целесообразным является уменьшение значений  $l_7$  и  $l'_7$ , а для уменьшения амплитуды колебаний  $\varphi_3$  необходимо уменьшение значений  $l_3$  и  $l_4$ . При вариации значений длины рычагов механизма перемещения материала можно получать изменения закономерности угловых перемещений рычага 5 рейки 6. На рис. 2 б представлены графические зависимости изменения угловых перемещений  $\varphi_5$  в функции соотношений длины рычагов механизма. Следует отметить, что при определенных соотношениях длины ры-

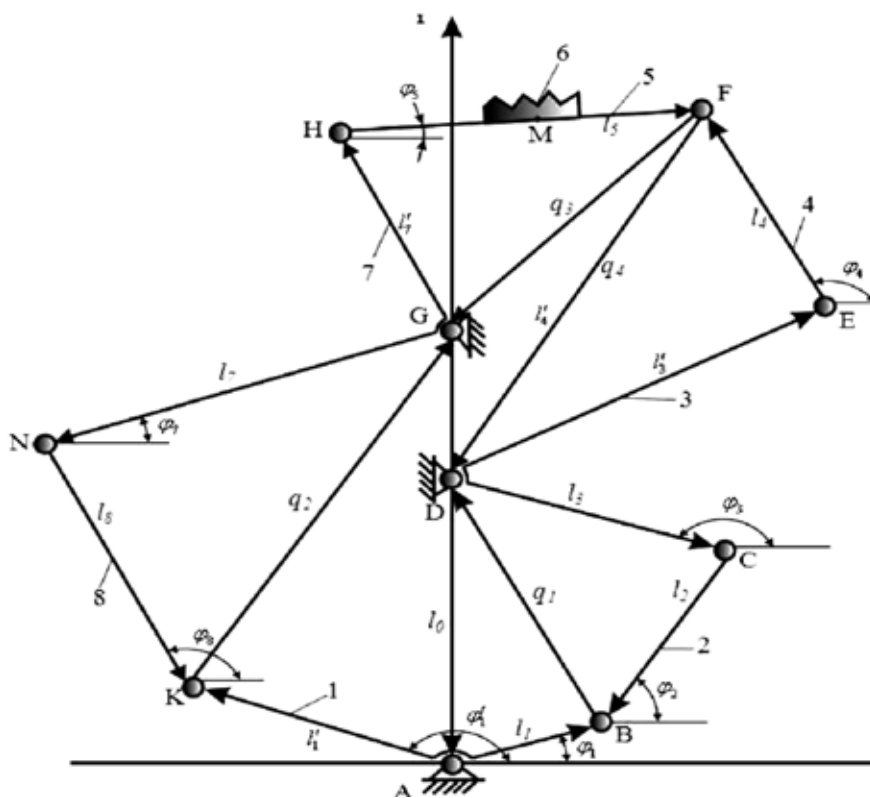


Рис. 1. Кинематическая схема замкнутого механизма перемещения материала швейной машины

чагов механизма перемещения материала замкнутого типа можно изменить частоту колебаний  $\varphi_5$ . Также могут возникать высокочастотные колебания  $\varphi_5$ . Это особенно выражено будет при изменении соотношения  $l_5/l_4$ . С уменьшением соотношения  $l_5/l_4$  значительно увеличивается амплитуда колебаний  $\varphi_5$ . Так, при  $l_5/l_4=3,5$  колебаний  $\varphi_5$  за один оборот кривошипа происходит в два раза, а при  $l_5/l_4=6,5$  колебания рычага рейки соответствует циклу вращения кривошипа механизма перемещения. Увеличение частоты колебаний  $\varphi_5$  приводит к изменению технологического процесса образования стежков, что нежелательно. При соотношении  $l_5/l_4=3,5$  амплитуда колебаний  $\varphi_5$  доходит до  $8,2^\circ$ , а при  $l_5/l_4=7,0$  амплитуда колебаний рычага рейки уменьшается до  $4,4^\circ$ . Увеличение амплитуды колебаний  $\varphi_5$  приводит к повышению давления рейки на сшиваемый материал, а уменьшение амплитуды  $\varphi_5$  приводит к уменьшению этого давления, тем самым уменьшает трения между рейкой и материалом. Для обеспечения необходимого давления, необходимо давление между рейкой и материалом, а также частотой колебаний,  $\varphi_5$  соответствующей частоте вращения кривошипа рекомендуемыми значениями которых являются:  $l_5/l_4=5,0-6,5$ .

С увеличением длины коромысла перемещения приводит к возрастанию амплитуды колебаний рычага рейки. При кратных соотношениях длины рычагов механизма перемещения возникают некоторые дополнительные колебания, а также некоторый фазовый сдвиг. Увеличение длины шатуна ветви горизонтального перемещения относительно длины шатуна ветви подъёма-опускания рейки от 0,7 до 1,7 раз приводит к уменьшению амплитуды колебаний  $\varphi_5$  от  $12,8^\circ$  до  $8,1^\circ$ .

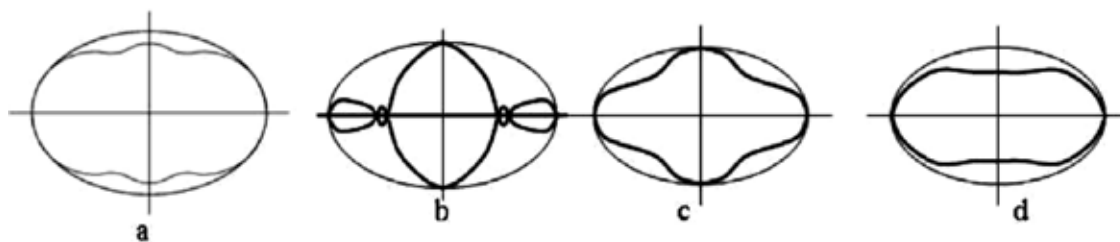


Рис. 3. Траектория движения точки рейки рычага механизма перемещения материала

Таким образом, разработан новый семизвенный рычажный механизм перемещения материала; получены формулы для определения угловых перемещений рычага с рейкой; получены графические законы изменения перемещения и траектория точки М рейки механизма; рекомендованы метрические параметры механизма перемещения материала.

Литература:

1. Таджибаев, З.Ш., Ташпулатов С.Ш. Оборудование швейных предприятий, «Voris-nashriyot». Тошкент. 2007. С. 160
2. Жураев, А.Ж. ва бошқ. Машина ва механизмлар назарияси. Гофур Гулом номидаги нашриёт-матбаа уйи, Тошкент-2004. — С. 86–89

## Прогнозирование постоянных деформаций сооружений

Набиев Элёр Сафарович, старший преподаватель;  
Раджабов Мансур Рустамович, старший преподаватель  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Современное проектирование сооружений требует обеспечения основных условий прочности и устойчивости зданий и сооружений, которые влияют на снижение количества возможных возникающих у них деформаций, в результате которых их количество не превышает допустимых границ. При осуществлении таких требований выполняются два необходимых условия (два предельных состояния):

- 1) обеспечение прочности и устойчивости основания сооружения;
- 2) устанавливается предел его деформации.

Первое предельное состояние должно выполняться для всех сооружений, оно возникает при горизонтальном давлении. В последние годы выполнение этого условия осуществляется в период эксплуатации сооружений.

Выполнение второго предельного состояния, т. е. деформации (оседания) сооружений не всегда является возможным.

Определение длительного оседания (деформации) основания сооружения требует использования нового практического подхода. Очевидно, что создание такого метода связано с учетом реологического состояния грунта, с необходимостью определения свойства липкости и с оценкой изменений процесса с течением времени.

Мы думаем, что ниже изложенные методы прогнозирования длительных деформаций оседания сооружений, возводимых на слабых грунтовых основаниях, отвечают выше изложенным требованиям.

Результаты опытов показывают, что скорость уплотнения грунта  $e_p(t)$  находящегося под действием внешней нагрузки ( $p_x$ ) с течением времени можно выразить:

$$e_p(t) = \frac{p_x}{\eta_t} \quad (1)$$

где: ( $p_x$ ) — расчетное давление под площадью фундамента, определяется:

$$p_x = p_m - H\gamma \quad (2)$$

где:  $p_m$  — среднее значение давления на сооружение (с учетом веса фундамента),  $H$  — глубина заложения фундамента,  $\gamma$  — средняя плотность материала грунта и фундамента.

Запишем уравнение (1) в виде

$$e_p(t) = \frac{p_x}{\eta_o - (\eta_o - \eta_b) \cdot e^{-\mu t}} \quad (3)$$

Дифференцируя (3) получаем

$$de_p(t) = \frac{p_x}{\eta_o - (\eta_o - \eta_b) \cdot e^{-\mu t}} dt \quad (4)$$

Уравнение (4) интегрируем в пределах от начала ( $t=0$ ) строительства до определенного времени ( $t$ ), тогда получаем:

$$e_p(t) = \int_0^t \frac{p_x}{\eta_o - (\eta_o - \eta_b) \cdot e^{-\mu t}} dt \quad (5)$$

т. е.

$$e_p(t) = p_x \left[ \frac{1}{\eta_o} + \frac{1}{\mu\eta_o} \ln \frac{\eta_o - (\eta_o - \eta_\delta)e^{-\mu t}}{\eta_\delta} \right] \quad (6)$$

Уравнение (6) дает нам возможность определить относительные деформации (оседание сооружения) в любой выбранный момент времени. При этом коэффициент липкости  $\eta = (t)$  принимается как непостоянный, значение глубины ( $z$ ) как постоянное с течением времени. Значение  $p_x [p_x = f(z) = const]$  считается постоянным.

На основе принятых правил, определив существенную толщину слоя, можно будет определять деформацию (оседание сооружения) настоящего слоя по времени:

$$S_t = p_x \left[ \frac{1}{\eta_o} + \frac{1}{\mu\eta_o} \ln \frac{\eta_o - (\eta_o - \eta_\delta)e^{-\mu t}}{\eta_\delta} \right] \cdot D \quad (7)$$

Применение уравнений (7) целесообразно в том случае, когда существенный слой не глубокий, а площадь фундамента широкая. В противном случае, значение давления глубины грунта нужно рассматривать как постоянную величину.

Достижение такого состояния возможно, интегрируя уравнение (7) для измерения расстояния от уровня площади фундамента (0) до дна существенного слоя ( $D$ ), т. е.

$$S_t = \int_0^D p_x \left[ \frac{1}{\eta_o} + \frac{1}{\mu\eta_o} \ln \frac{\eta_o - (\eta_o - \eta_\delta)e^{-\mu t}}{\eta_\delta} \right] \quad (8)$$

Для применения данного уравнения необходимо иметь сведения о величине вертикального напряжения по глубине. Для решения таких задач существуют разные предложения, среди них уравнение Бринга Ханзена, которое удобно применять в следующих случаях:

а) для ленточных фундаментов:

$$p_2 = \frac{B}{B+2} p_x \quad (9)$$

б) для фундаментов квадратного размера:

$$p_2 = \frac{B^2}{(B+2)^2} p_x \quad (10)$$

в) для прямоугольных фундаментов:

$$p_2 = \frac{AB}{(A+2)(B+2)^2} p_x \quad (11)$$

где  $B$ -ширина фундамента;  $A$  — длина фундамента.

Учитывая уравнения (9)-(11) уравнение (8) интегрируем в пределах 0-  $D$  и получаем уравнение для определения оседания сооружения ( $S_t$ ) по времени ( $t$ ):

а) для ленточных фундаментов:

$$S_t = p_x B \left[ \frac{1}{\eta_o} + \frac{1}{\mu\eta_o} \ln \frac{\eta_o - (\eta_o - \eta_\delta)e^{-\mu t}}{\eta_\delta} \right] \cdot \ln \frac{B+D}{B} \quad (12)$$

б) для прямоугольных фундаментов:

$$S_t = p_x \frac{B \cdot D}{B+D} \left[ \frac{1}{\eta_o} + \frac{1}{\mu\eta_o} \ln \frac{\eta_o - (\eta_o - \eta_\delta)e^{-\mu t}}{\eta_\delta} \right] \quad (13)$$

в) для прямоугольных фундаментов:

$$S_t = p_x \frac{B \cdot D}{A-B} \left[ \frac{1}{\eta_o} + \frac{1}{\mu\eta_o} \ln \frac{\eta_o - (\eta_o - \eta_\delta)e^{-\mu t}}{\eta_\delta} \right] \cdot \ln \frac{B+D}{A+D} \cdot \frac{A}{B} \quad (14)$$

С помощью выше изложенных уравнений (12) — (14) можно определить относительное оседание сооружений после их возведения в любой промежуток времени или период эксплуатации.

Преимущество этого способа состоит в том что, не прибегая к использованию сложных физико-механических показателей, можно воспользоваться коэффициентом липкости, определяемым простейшим опытом.

Литература:

1. Амария, Л. С. Свойства слабых грунтов и методы их изучения, — М., 1990, стр. 220.
2. Расулов, Х. З. Прогноз деформации сооружений в результате пластического течения грунтов оснований при землетрясениях. Труды., Астана 2000.
3. Расулов, Х. З., Нарбаев С. М. Реологические свойства лёссов. Ташкент — 2012.

## Технологический процесс возведения земляного полотна и разработка грунта в карьере в зимнее время

Папакин Игорь Николаевич, кандидат технических наук, доцент;  
Дюсенов Ералы Еркинович, магистрант  
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

*Методы разработки грунта в карьерах при возведении земляного полотна автомобильных дорог в зимнее время. Пример теплофизического расчета возведения земляного полотна автомобильных дорог в холодный период с вероятностью, что по окончании укладки грунта в тело насыпи содержание мерзлых включений не превысит допустимое.*

Переход к круглогодичному строительству обеспечивает повышение экономической эффективности деятельности дорожно-строительных организаций. Особенно это актуально для условий Сибири, учитывая большую продолжительность холодного периода (7–8 месяцев). Качество при этом должно сохраняться на том же уровне, что и для работ, производимых в теплый период, а прибыль, получаемая от продления строительного сезона, превышать зимнее удорожание.

Из всех видов дорожно-строительных работ наиболее предпочтительно для производства в холодный период возведение земляного полотна, составляющее значительную по трудоемкости и продолжительности часть строительства. Центральной проблемой для насыпей, возводимых в холодный период, является обеспечение их прочности и устойчивости, которые в значительной мере определяется количеством и размером мерзлых включений в уплотненном грунте.

Разработка грунтов в зимнее время осложняется их промерзанием и резким повышением сопротивляемости резанию, что влечет за собой удорожание работ, а зачастую и невозможность их разработки имеющимся парком машин. В связи с этим грунты, подлежащие разработке в зимний период, должны быть соответствующим образом подготовлены. Подготовка грунтов может быть произведена одним из трех методов:

Методы, сущность которых заключается в сохранении структурного и энергетического состояния грунта при изменении окружающих условий, т. е. условий теплообмена грунтового массива с окружающей средой;

Методы, при применении которых изменяется энергетическое состояние грунта без нарушения его структуры;

Методы, при применении которых происходит нарушение структуры мерзлого грунта без его оттаивания.

Рассмотренные выше способы подготовки к разработке грунтов в зимнее время весьма разнообразны. При выборе способа подготовки грунтов к разработке в зимний период необходимо руководствоваться соображениями экономии, оперативности и надежности. Технология должна быть проста и базироваться на использовании широко распространяемых материалов или машин, имеющихся в распоряжении строительной организации.

Как показывает сравнение себестоимости разработанного грунта (табл. 1), наиболее выгодно применение методов первой группы. Кроме того, методы третьей группы позволяют укладывать в тело насыпи только мерзлый грунт, что нарушает требования СП 78.13330.2012 автомобильные дороги (актуализированная редакция СНиП 3.06.03–85) по допустимому содержанию мерзлых включений в грунте и при оттаивании насыпи приводит к нарушению ее прочности и устойчивости.

Например.

Исходные данные: Место строительства — район г. Омска.

Уплотнение грунта выполняется катком на пневматических шинах, поэтому допустимое относительное содержание мерзлых включений в уплотненном грунте составит  $[\mu_d] = 20\%$ .

Параметры технологического процесса:

Дальность возки грунта  $L = 15$  км.

Автосамосвал «КамАЗ-6520» (объем порции грунта в кузове  $G \approx 12$  м<sup>3</sup> при плотности грунта  $\rho = 1400$  кг/м<sup>3</sup>).

Тип землевозной дороги — III (параметры скорости движения автосамосвала: математическое ожидание  $m_v = 28$  км/ч; дисперсия  $D_v = 81$  (км/ч)<sup>2</sup>; параметр частоты  $\alpha_v = 0,45$  сут<sup>-1</sup>).



Таблица 1. Себестоимость грунта, разрабатываемого в карьере

Методы подготовки и разработки грунта	Себестоимость разработанного грунта, руб/м <sup>3</sup> (в ценах 1984 г.)
Устройство теплоизолирующих слоев:	
Снегозадержанием;	0,10
из местных материалов;	0,20...0,80
из пенольда;	0,20
из быстротвердеющей пены.	0,10...0,80
Обработка грунта растворами солей:	0,40
Оттаивание грунта;	0,52...1,76
Рыхление мерзлого грунта;	0,11...1,00
Взрывной способ.	0,31...0,5

Расчет:

Прирост относительного содержания мерзлых включений при выполнении транспортных операций  $\Delta\mu_{3-5}$  составил:

$$\Delta\mu_{3-5} = \frac{\Delta_{3-5}^{0,95} \cdot F_S}{G} = \frac{0,022 \cdot 24}{12} \approx 0,044 \text{ или } 4,4\%$$

где  $F_S$  — площадь поверхности грунта, м<sup>2</sup>;  $G$  — объем грунта в кузове, м<sup>3</sup>.

Таблица 2. Результаты расчета прироста относительного содержания мерзлых включений в грунте при транспортных операциях и операциях формирования тела насыпи

№ операции	Технологические операции	Параметры времени, ч			$\Delta\mu_{г}^{0,95}$ , %
		$m_{\tau_k}$	$D_{\tau_k}$	$\tau_k^{0,95}$	
3-5	Транспортные	0,54	$14 \cdot 10^{-3}$	0,78	4,4
6	Накопление	0,30	0,02	0,55	1,6
7	Разравнивание	0,30	0,02	0,55	1,5
8	Уплотнение	0,24	0,01	0,40	1

Суммарный прирост относительного содержания мерзлых включений в грунте при выполнении транспортных операций и операций формирования тела насыпи составит

$$\Delta\mu_{3-8}^{0,95} = 4,4 + 1,6 + 1,5 + 1 = 8,5\%$$

Толщина теплоизолирующего слоя грунтового карьера назначается из условия, что относительное содержание мерзлых включений в грунте при вскрытии карьера составит

$$\mu_1 \leq [\Delta\mu_d] - \Delta\mu_{3-8} = 20 - 8,5 = 11,5\%$$

Допустимая глубина промерзания грунта естественного сложения  $[h_4]$  при высоте забоя  $h_3=5$  м составит  $[h_4] = 5 \cdot (8/100) = 0,4$  м.

Таблица 3. Результаты расчета требуемой толщины теплоизолирующего слоя грунтового карьера с теплофизической надежностью 0,95

Параметры	Месяцы				
	XI	XII	I	II	III
$MO, m_{h_{утеп.}}$ , м	0	0	0,01	0,03	0,08
Дисперсия $D_{h_{утеп.}}$ $\cdot 10^3$ , м <sup>2</sup>	2,6	1,3	2,7	0,7	0,8
$h_{ут.}^{0,95}$ , м	0	0	0,07	0,07	0,12

В результате расчета получены температурно-технологические параметры процесса, обеспечивающие его теплофизическую надежность на уровне 0,95.

## Измерение диаграммы направленности двухзеркальной антенны Кассегрена и расчет коэффициента усиления исследуемой антенны по измеренной диаграмме направленности

Погребной Артём Алексеевич, студент;  
Никитин Дмитрий Михайлович, студент;  
Мороз Фёдор Владимирович, студент;  
Мальцев Андрей Николаевич, студент;  
Побережный Иван Александрович, студент;  
Свиридов Алексей Николаевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

### 1. Диаграмма направленности.

Обязательной составной частью любой радиотехнической системы является антенное устройство. При помощи антенны обеспечивается прием и передача полезных электромагнитных волн, которые распространяются в окружающем пространстве [1]. Ко всем антенным устройствам предъявляются требования, предусмотренные Международным консультативным комитетом по радио. Это необходимо для эффективного использования частотного спектра и уменьшения негативных влияний на радиосистему со стороны других радиосистем. Одно из таких требований — антенна должна иметь заданную характеристику направленности.

Антенные системы имеют множество различных параметров, которые дают возможность сравнивать антенны и давать оценку их эффективности при использовании. Главным параметром антенны, ориентированной на передачу, является векторная комплексная нормированная характеристика направленности, которая отражает распределение и все свойства электромагнитного поля, излучаемого в пространство. Но на практике наибольший же интерес представляет амплитудная диаграмма направленности, которая является частным случаем комплексной характеристики направленности. Графически амплитудная характеристика антенны представляет собой пространственную фигуру, которая является достаточно сложной как для построения, так и для понимания. Для повышения информативности и наглядности пространственной ДН выбирают сечения в конкретных плоскостях и на практике при анализе антенного устройства используют уже двумерные диаграммы направленности.

Поскольку роль антенн с течением времени возрастает, то степень важности измерения их диаграмм направленности является неотъемлемой и ответственной частью современных радиотехнических измерений с целью выяснения эффективности работы всей приемопередающей системы.

### 2. Описание схемы измерения ДН антенны на передачу.

В качестве исследуемой использовалась двухзеркальная антенна Кассегрена диаметром 7,3 метра. Поскольку производилось измерение диаграммы направленности антенны на передачу, то использовался диапазон частот 17,3–18,4 ГГц.

На рисунке 1 представлена схема испытания для измерения диаграммы направленности исследуемой антенны. Антенна земной станции имеет электромеханический привод, обеспечивающий равномерное движение антенны в диапазоне углов не менее  $\pm 7^\circ$  по азимутальной и угломестной осям. Нестабильность частоты передачи земной станции должна быть не хуже  $10^{-7}$ . Требуемая стабильность частоты обеспечивается техническими характеристиками генератора. Антенна контрольной станции в ходе всего испытания неподвижна.

Измерения проводились путем регистрации сигналов, принимаемых космическим аппаратом при повороте антенны земной станции по азимуту и углу места. Регистрация сигналов при этом велась техническими средствами контрольной станции.

### 3. Описание испытания.

На земной станции была собрана схема измерений в соответствии с рисунком 1. В качестве генератора может быть использован модулятор в режиме немодулированного сигнала, при условии, что он обеспечивает необходимую стабильность частоты.

Антенна земной станции наводилась по максимуму сигнала, принимаемого со спутника. По команде контрольной станции выдавался сигнал на спутник определенной частоты, мощности и поляризации. На КС были переданы значения углов установки антенны по азимуту и углу места.

Во взаимодействии с КС был откалиброван тракт передачи-приема. Для этого изменялась мощность сигнала передачи ЗС с шагами через 1 дБ, 5 дБ и 10 дБ. Результаты калибровки фиксируются КС.

Для измерения ДН антенны в азимутальной плоскости антенна отводилась влево на заданный азимут и по команде КС равномерно двигалась вправо. При этом на контрольную станцию сообщались значения азимута относительно пика сигнала. Для измерения ДН в угломестной плоскости производились те же самые действия.

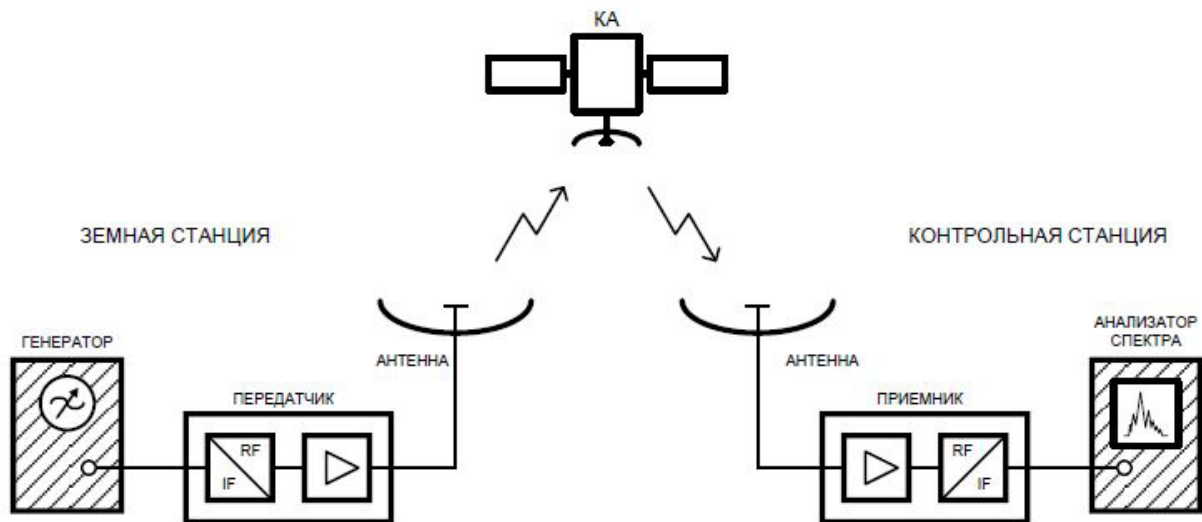


Рис. 1. Схема измерения параметров антенны на передачу

4. Результаты проведения испытания.

Измерение диаграммы направленности антенной системы проводилось на основе немодулированной несущей с частотой 17,98 ГГц (ЛНСП), передаваемой через спутник ретранслятор «Экспресс-АТ1» с точкой стояния 56° восточной долготы. Параметры наведения для антенной системы на этот спутник составляли: азимут 157,77°, угол места 24,38°.

Используемое оборудование: генератор HP 83622B (2–20 ГГц), передатчик CPI VZU-6995AY, антенна ЗС «GD Satcom 7.3М» [2], спутник «Экспресс-АТ1», антенна КС «GD Satcom 6.3М», приемник GD Satcom Digital Tracking Receiver, анализатор спектра Agilent E4407B.

Спектрограммы результатов измерения диаграммы направленности антенной системы «GD Satcom 7.3М» на передачу представлены на рисунках 2 и 3. Измеренные значения уровней первых боковых лепестков диаграммы направленности антенной системы «GD Satcom 7.3М» на передачу, относительно уровня главного лепестка, составляют не более минус 16 дБ. Коэффициенты усиления остальных боковых лепестков диаграммы направленности, по крайней мере в 90 % случаях, не превышают значений ограничительной маски. Маска ДН определяется по формуле (1) из [3]:

$$G(\theta) = 29 - 25 \lg(\theta), \text{ дБ} \tag{1}$$

Здесь угол  $\theta$  соответствует значению следующих углов, отсчитываемых от оси главного лепестка ДН антенной системы:  $1^\circ < \theta < 20^\circ$ .

Ширина ДН в азимутальной плоскости по уровню -3 дБ составила 0,181°, для ДН в угломестной плоскости это значение составило 0,193°.

Полученные в ходе испытания значения соответствуют паспортным данным антенной системы.

5. Расчет коэффициента усиления антенны на передачу.

Зная ширину диаграммы направленности антенны по уровню 3 и 10 дБ, можно оценить коэффициент усиления антенны на измеряемой частоте следующим образом:

- Измерить ширину ДН антенны по уровню 3 и 10 дБ по азимуту и углу места  $Az_3, El_3, Az_{10}, El_{10}$

$Az_3 = 0,181^\circ$	$Az_{3рад} = 3,16 * 10^{-3}$
$El_3 = 0,193^\circ$	$El_{3рад} = 3,36 * 10^{-3}$
$Az_{10} = 0,305^\circ$	$Az_{10рад} = 5,323 * 10^{-3}$
$El_{10} = 0,265^\circ$	$El_{10рад} = 4,625 * 10^{-3}$

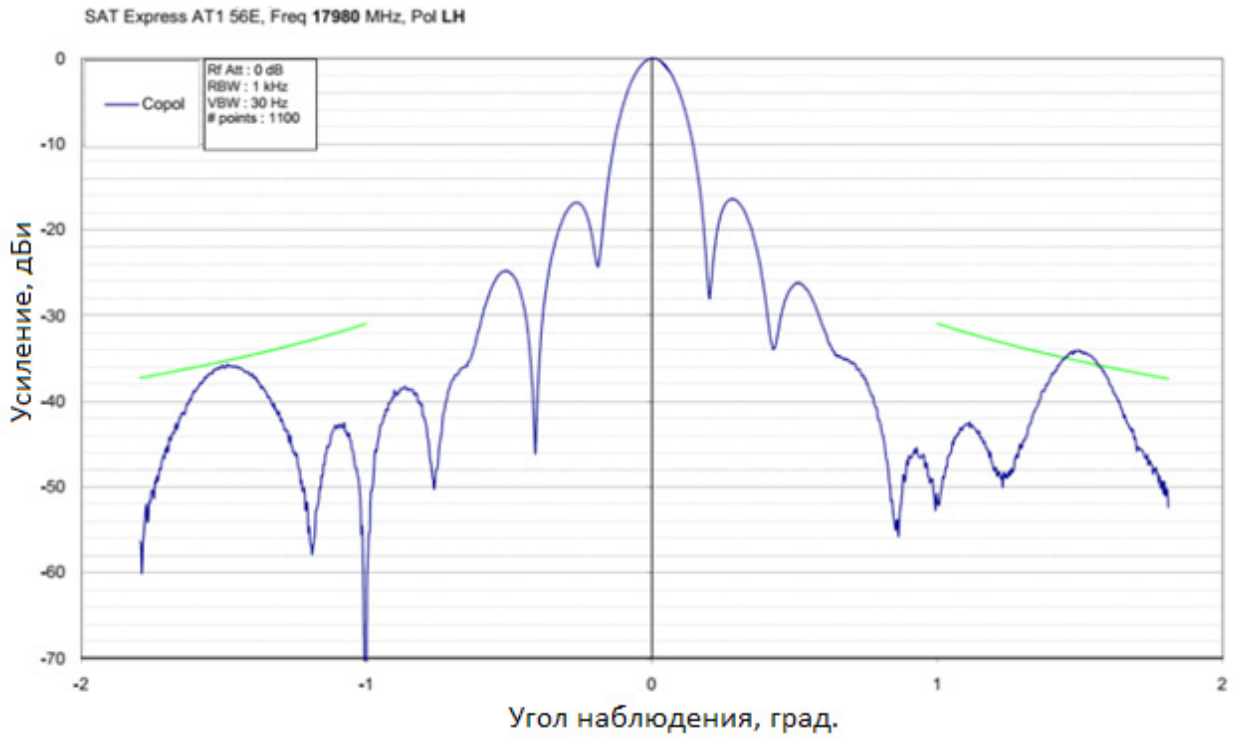


Рис. 2. Спектрограмма результатов измерения диаграммы направленности антенной системы «GD Satcom 7.3М» на передачу в азимутальной плоскости

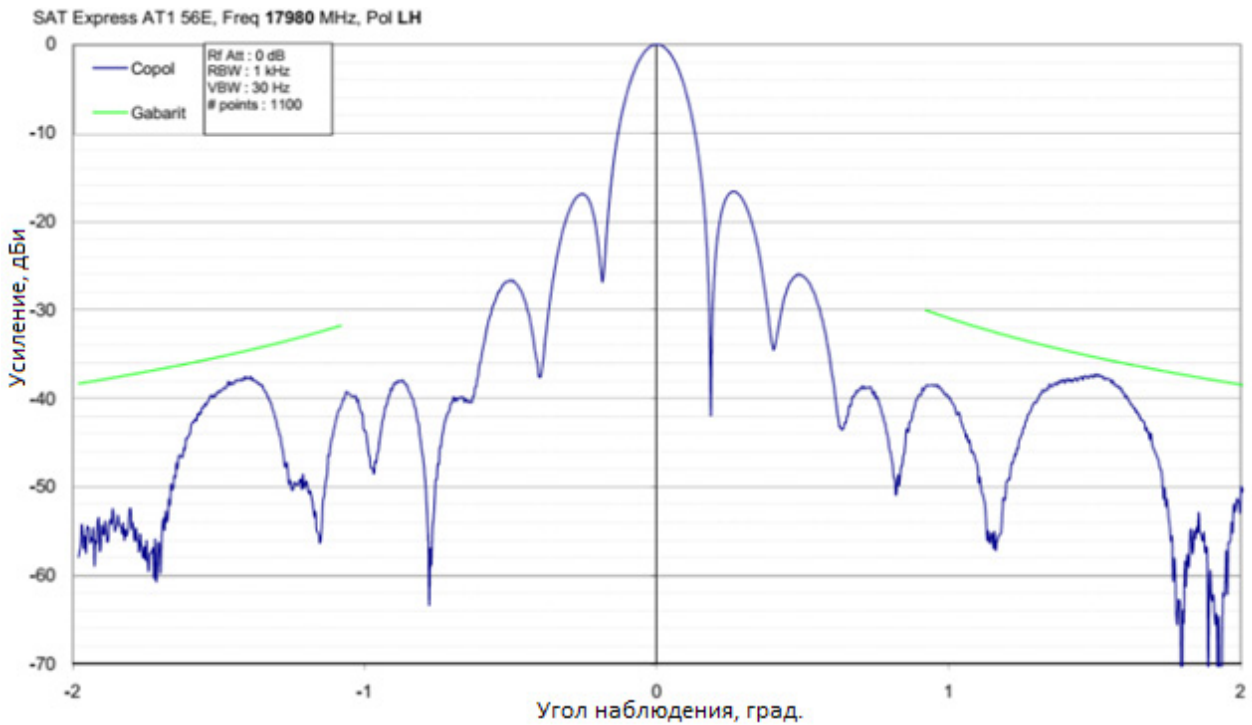


Рис. 3. Спектрограмма результатов измерения диаграммы направленности антенной системы «GD Satcom 7.3М» на передачу в угломерной плоскости

– Скорректировать измененные значения  $Az_3, Az_{10}$  с учетом угла места ЗС ( $El_{ES}$ ) по формуле (2).

$$Az'_n = 2 * \arcsin \left[ \sin \left( \frac{Az_n}{2} \right) * \cos(El_{ES}) \right] \quad (2)$$

Угол места ЗС:  $El_{ES} = 24,38^\circ$

$$El_{ES\text{рад}} = 0,426$$

$$Az'_{3\text{рад}} = 2 * \arcsin \left[ \sin \left( \frac{Az_{3\text{рад}}}{2} \right) * \cos(El_{ES\text{рад}}) \right] = 2,833 * 10^{-3}$$

$$Az'_3 = 0,162^\circ$$

$$Az'_{10\text{рад}} = 2 * \arcsin \left[ \sin \left( \frac{Az_{10\text{рад}}}{2} \right) * \cos(El_{ES\text{рад}}) \right] = 4,849 * 10^{-3}$$

$$Az'_{10} = 0,278^\circ$$

– Определить коэффициент направленного действия антенны по формуле (3), учитывая соотношения (4) и (5):

$$G = 10 \log \left[ \frac{G_3 + G_{10}}{2} \right] \text{ [дБи]} \quad (3)$$

где:

$$G_3 = \frac{31000}{Az'_3 + El_3} \quad (4)$$

$$G_{10} = \frac{91000}{Az'_{10} + El_{10}} \quad (5)$$

(угловые величины задаются в градусах)

$$G_3 = \frac{31000}{Az'_3 * El_3} = 1,251 * 10^6 \quad G_{10} = \frac{91000}{Az'_{10} * El_{10}} = 1,236 * 10^6$$

$$G = 10 \log \left[ \frac{G_3 + G_{10}}{2} \right] = 60,946 \text{ дБи}$$

Определить коэффициент усиления антенны  $G_a$  по формуле (6), приняв во внимание (7):

$$G_a = G - R_{Loss} - F_{Loss} \text{ [дБи]}, \quad (6)$$

где:

$R_{Loss}$  – потери, вызванные отклонением поверхности зеркала от расчетной

$$R_{Loss} = 0,763066321 * (sdev * f)^2 \text{ [дБ]} \quad (7)$$

где:

$sdev$  – отклонение поверхности зеркала от расчетного (см)

$f$  – частота (ГГц)

$F_{Loss}$  – потери в антенно – волноводном тракте (дБ)

$f = 17,98$  ГГц

$sdev = 0,02$  см

$R_{Loss} = 0,099$  дБ

$F_{Loss} = 0,5$  дБ

Следовательно, КУ антенны равен соотношению (8):

$$G_a = G - R_{Loss} - F_{Loss} = 60,348 \text{ дБи} \quad (8)$$

Литература:

1. Марков, Г.Т. Антенны: учебник для студентов радиотехнических специальностей вузов / Г.Т. Марков, Д.М. Сазонов. — Изд. 2-е, доп., перераб. — М.: Энергия, 1975. — 528 с.
2. Model, 7.3 Cassegrain Antenna [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.gdsatcom.com/Antennas/Data\\_Sheets/655-0060B\\_7.3m.pdf](http://www.gdsatcom.com/Antennas/Data_Sheets/655-0060B_7.3m.pdf) свободный. — Загл. с экрана (дата обращения 27.02.2016).
3. Guide Module / Earth station verification and assistance. — Eutelsat. — 2000. — Vol. 1. — P. 31–32.

## Робот Blue Frog Buddy

Поезжаева Елена Вячеславовна, кандидат технических наук, профессор;

Коняев Илья Васильевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*В статье рассмотрен робот Blue Frog Buddy, который служит помощником в воспитании детей с аутизмом.*

**Ключевые слова:** робот, руки, возможности

Компания Blue Frog Robotics, разработав персонального робота под названием Buddy, поставила себе задачу интегрировать в него приложения, что рассчитаны на помощь детям с аутизмом. Работая совместно с компанией Auticiel, разработано шесть приложений. Обе компании выражают заинтересованность в сотрудничестве для разработки нового приложения.

С помощью робота можно научить страдающих расстройствами аутистического спектра (и не только) детей взаимодействию с обществом и самостоятельности.

Ролевые игры и некоторые другие сценарии, отражающие процесс социального взаимодействия, помогут детям понять и развить базовые навыки, необходимые для общения и восприятия чувств окружающих.

Поведение робота, который реагирует на действия детей, мотивирует детей на взаимодействие с ним.

Buddy вызывает у детей неподдельное любопытство. Они удовлетворяют свое любопытство, общаясь с роботом. Это помогает детям обратить свое внимание на внешний мир и взаимодействовать с ним. Благодаря тому, что Buddy никогда не злится и не устает, он становится лучшим другом ребенка, и продолжает развлекать своими историями и играми до тех пор, пока это интересно самому ребенку.

Новое приложение, разработанное для Buddy, позволит ему оказать помощь в понимании и освоении такой концепции, как время. Робот будет проводить напоминания и помогать разрабатывать расписания детям; оказывать помощь в выполнении запланированных действий; показывать таймеры и визуализировать течение времени; поощрять и мотивировать детей, достигших выполнения задачи.

К примеру, Buddy может сказать: «пришло время кушать, поэтому сейчас следует помыть руки». Он отображает видео на своем лицевом дисплее, которое покажет, как правильно мыть руки, и таймер для этого занятия. Убедившись, что ребенок вымыл руки перед едой, Buddy «поздравит» его. Все параметры — видео, анимация таймеров и расписание, — полностью настраиваемые. Таким образом, можно использовать фотографии и видео, которые помогут создать нужную обстановку.

Buddy — великолепный инструмент для интеграции детей в социум, так как стимулирует взаимодействие детей с окружающим миром, проявляя нейтральное и ободряющее отношение к нему.

Что еще умеет делать Buddy?

Buddy доступен и прост в использовании. Робот защищает ваш дом, развлекает ваших детей и помогает оставаться на связи с теми, кого вы любите.

Робот может видеть, слышать, говорить и делать соответствующие движения головой.

Buddy — ваш личный помощник. Он будет напоминать о важных делах и предстоящих событиях.

Buddy следит за вашим домом. Он будет охранять ваш дом, пока вы отсутствуете и уведомлять вас при обнаружении необычных явлений. Buddy — ваш помощник без рук. Он может предлагать рецепты, проигрывать любимую музыку и даже отвечать на ваши звонки.

Buddy — хороший друг и компаньон для игр с детьми. Он обучает ваших детей в процессе игры и весело проводит с ними время.

Buddy поможет дорогим вам людям быть ближе, он поможет установить связь с родными, близкими и друзьями.

Buddy сделает вашу повседневную жизнь более безопасной, легкой и забавной

Buddy — полностью мобильный робот. Оснащен 3-мя колесами и многочисленными датчиками, позволяющими роботу передвигаться, обучаться и взаимодействовать с окружающим миром.

Робот построен на модульной платформе, которую можно расширять при помощи аксессуаров.

Предлагается произвести расчет структурного анализа рук манипулятора.

### 4. Класс кинематических пар

Задачей структурного анализа является определение параметров структуры заданного механизма — число звеньев, структурных групп числа и вида кинематических пар, число подвижностей (основных и местных), число контуров и число избыточных связей.

У представленного механизма 4 подвижных звена: 1, 2, 3, 4.

— Начало системы координат и звено 1 образуют вращательную кинематическую пару А. Пара одноподвижная, число степеней свободы звена  $H=1$ . Класс кинематической пары

$$S = 6 - H = 6 - 1 = 5.$$

— Звенья 1 и 2 образуют вращательную пару В. Пара одноподвижная, число степеней свободы  $H=1$ .



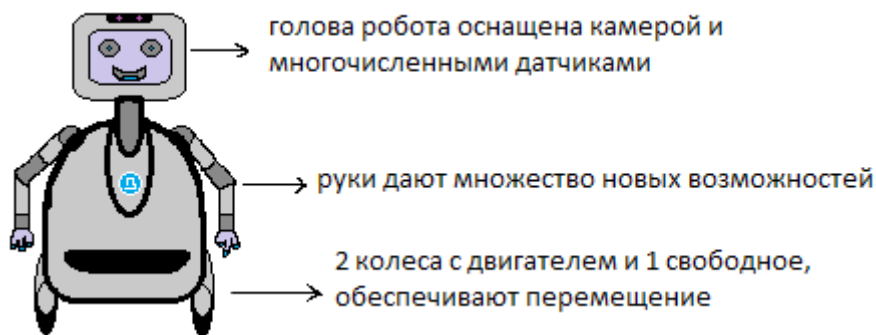


Рис. 1. Робот Buddy

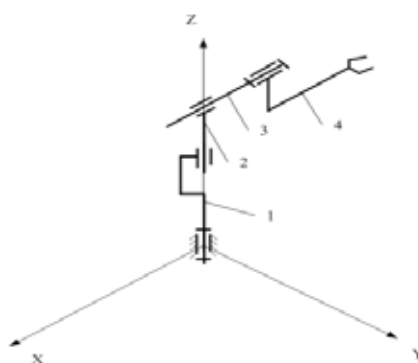


Рис. 2. Схема четырехзвенного манипулятора

$$S = 6 - N = 6 - 1 = 5.$$

— Звенья 2 и 3 образуют цилиндрическую пару С. Пара имеет две подвижности, число степеней свободы  $N=1$ .

$$S = 6 - N = 6 - 1 = 5.$$

— Звенья 3 и 4 образуют вращательную пару D. Пара одноподвижная, число степеней свободы  $N=1$ .

$$S = 6 - N = 6 - 1 = 5.$$

Рабочим органом (схватом) манипулятора является точка E.

Степень подвижности механизма определяется по формуле Чебышева для пространственных механизмов:

$$W = 6 * n - 6 * p_5 = 6 * 4 - 5 * 4 = 4, \quad (1)$$

где  $n$  — число звеньев,  $p_5$  — количество кинематических пар пятого класса.

Таким образом, для придания определенности движению манипулятора, следует задать движение всем четырем его звеньям.

Вывод: если у робота будут руки, то кроме перечисленных возможностей робот Buddy может выполнять соответствующие движения руками. Он сможет не только обучать детей в процессе игры, но и сам принимать участие в играх, сможет приносить и уносить предметы.

Наличие рук позволит роботу наиболее эффективно взаимодействовать с окружающим миром.

Литература:

1. Поезжаева, Е.В. // Промышленные роботы: учеб. пособие в 3 ч.-М.:Изд-во УМОАММВТУ им. Баумана; изд-во ПГТУ, 2009
2. <http://medgadgets.ru/shop/buddy-robot.html>

## Световые характеристики дорожной разметки как один из методов нестандартных технических средств организации дорожного движения

Размарица Денис Сергеевич, магистрант

Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова

Дорожная разметка — необходимый элемент для обеспечения условий безопасности всех участников дорожного движения. Разметка на дорогах способствует организации и упорядочиванию движения транспорта, лучшему ориентированию водителей и пешеходов в направлении своего движения, соблюдении правил безопасного движения. Нанесение дорожной разметки осуществляется в соответствии с дорожными знаками и другими техническими средствами организации дорожного движения. [1]

Разметка дорог и улиц должна выполняться по ГОСТ Р 51256—99 и наноситься в соответствии с ГОСТ 23457—86 и утвержденными схемами.

С течением времени под воздействием колес движущегося транспорта, снегоуборочных механизмов и изменений погоды разметка подвергается разрушению и истиранию. По оценкам специалистов, из-за отсутствия разметки или непригодного ее состояния совершается от 17 до 30% происшествий преимущественно в ночное время суток. Поэтому дорожная разметка в процессе эксплуатации УДС должна быть хорошо различима в любое время года и суток.

Состояние разметки проверяется по степени ее износа и в первую очередь на наиболее опасных участках (пересечения дорог, участки с ограниченной видимостью, подъемы и спуски, пешеходные переходы, железнодорожные переезды и др.). Разметку следует возобновлять, если ее износ по площади и снижение светотехнических параметров превышают установленные ГОСТ Р 50597—93 нормы. [2]

Для оценки световозвращающих качеств дорожной разметки актно используются приборы, называемые ретрорефлектометрами.

Ретрорефлектометр представляет собой портативный прибор с питанием от аккумуляторов для определения видимости дорожной разметки в условиях светлого и темного времени суток.

Отражающая способность дорожной разметки (видимости в условиях темного времени суток) измеряется в реальном масштабе. Угол обзора  $2,29^\circ$  соответствует расстоянию до элемента разметки, равному 30 м при нормальных условиях. При этом угол облучения составляет  $1,24^\circ$

Яркость (видимость в условиях светлого времени суток) измеряется в реальном масштабе. Угол обзора  $2,29^\circ$  соответствует расстоянию до элемента разметки, равному 30 м при нормальных условиях. Облучение происходит рассеянным светом.

Ретрорефлектометр для вертикальной дорожной разметки. Это портативный и автономный прибор, разработанный для точного измерения коэффициента световозвращения вертикальной дорожной разметки и дорожных

знаков с прямым считыванием показаний в  $\text{кд}/(\text{м}^2 \cdot \text{лк})$ . Прибор оснащен встроенными фильтрами, которые позволяют измерять любой цвет покрытия, используя единый калибровочный эталон, без дополнительной корректировки.

Измеритель «диффузного отражения» для горизонтальной дорожной разметки. Портативный инструмент, предназначенный для измерения отражения горизонтальной дорожной разметки непосредственно на дороге. Прибор способен измерять свойства отражения как сухих поверхностей, так и мокрых, как ровных дорожных полос, так и структурированных и профилированных (максимум до 4 мм высоты). С помощью диффузного освещения и прямого считывания показаний прибор воспроизводит дневные условия наблюдения.

Прибор имеет встроенный сенсор уровня непрямого освещения и способен компенсировать влияние внешнего солнечного освещения, гарантируя тем самым независимые и повторяемые результаты измерений в каждый момент времени. [3]

Выделяют следующие виды дорожной разметки:

- горизонтальная: к ней относятся линии, стрелки, надписи, прочие обозначения, нанесенные на проезжую часть;
- вертикальная: представляет собой сочетание черных и белых полос, наносимых на элементы оборудования дорог и дорожные сооружения в целях обозначения их габаритов и упрощения зрительного ориентирования водителей и пешеходов. [4]

Дорожная разметка бывает нескольких цветов: белая, жёлтая и оранжевая.

Белая — для постоянной горизонтальной дорожной разметки кроме тех случаев 1.4, 1.10 и 1.17 где присутствует жёлтая разметка. Постоянная разметка, разделяет транспортные потоки противоположных направ-



Рис. 1. Белая разметка

лений и обозначает границы полос движения в опасных местах на дорогах, обозначает границы проезжей части, на которые въезд запрещен, обозначает границы стояночных мест транспортных средств, обозначает пешеходный переход, обозначает место, где велосипедная дорожка пересекает проезжую часть, обозначает островки, разделяющие транспортные потоки противоположных направлений, указывает разрешенные на перекрестке направления движения по полосам, предупреждает о приближении к сужению проезжей части, обозначает номер дороги, обозначает специальную полосу для маршрутных транспортных средств, обозначение пешеходной дорожки или пешеходной части дорожки, предназначенной для совместного движения пешеходов и велосипедов, дублирование предупреждающих дорожных знаков, дублирование запрещающих дорожных знаков, дублирование дорожного знака «Инвалиды», Дублирование дорожного знака «Фото видео фиксация» и/или обозначение участков дороги, на которых может осуществляться фото видео фиксация, обозначение искусственных неровностей по ГОСТ Р 52605. [5]

Жёлтая — также как и белая является постоянной разметкой, она бывает:



Рис. 2. Жёлтая разметка

— сплошной, обозначает места, где запрещена остановка транспортных средств

— прерывистой, обозначает места, где запрещена стоянка транспортных средств

— зигзагообразной, обозначает места остановок маршрутных транспортных средств и стоянки такси. [5]

Разметка оранжевого цвета — временная, например на время каких-либо работ на дороге и реорганизации дорожного движения, также как и временные знаки, временная разметка отменяет действие постоянной, а значит при наличии оранжевой разметки руководствоваться нужно именно ей. [6]



Рис. 3. Оранжевая разметка

Оранжевая разметка так же актуальна в реорганизации дорожного движения при проведении олимпиад, чемпионатов мира, а также при различных универсиадах, в то время когда постоянные потоки транспортных средств (колонны с участниками мероприятий, детьми) относящихся к данным мероприятиям направляются не посредственно к месту проведения.

#### Литература:

1. Работы по нанесению дорожной разметки <http://znakiua.com/dorozhnaya-razmetka.html> (дата обращения 21.06.2016)
2. Надзорная деятельность ГИБДД за безопасным состоянием дороги. Методические рекомендации Москва 2002 <http://www.gosthelp.ru/text/Metodicheskierekomendacii413.html> (дата обращения 21.06.2016)
3. Светотехнические особенности дорожной разметки <http://www.studfiles.ru/preview/5615383/page:31/> (дата обращения 21.06.2016)
4. Информация о дорожной разметке <https://www.gazu.ru/gazmetka/1/> (дата обращения 21.06.2016)
5. ГОСТ Р 51256—2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования. М. Стандартинформ 2012—32 с.
6. Анисимов, В. История зарождения правил дорожного движения <http://ru.calameo.com/read/001393074d41db5ffe453> (дата обращения 21.06.2016)

## Повышение усталостной выносливости вибрирующих элементов инструментальной головки

Расторгуев Дмитрий Александрович, кандидат технических наук, доцент;  
Зотов Алексей Викторович, старший преподаватель  
Тольяттинский государственный университет

*Рассмотрен принцип работы устройства для вибрационной обработки глубоких отверстий с высокими характеристиками точности. Предложен способ повышения долговечности державки инструмента, подвергающейся в процессе работы воздействию высокочастотных колебаний.*

**Ключевые слова:** *вибрационная обработка, автоколебания, амплитудо-частотные характеристики, проволочный инструмент*

Обеспечение точности обработки глубоких отверстий связано с уменьшением увода оси и огранки в поперечном сечении обработанного отверстия. Низкочастотные колебания могут возникать из-за вынужденных колебаний вращающейся заготовки или инструмента и имеют преимущественно поперечные составляющие. Решением проблемы является генерирование управляемых по всем параметрам (частоте, амплитуде и форме) колебаний элемента инструментальной подсистемы за счет ослабления крутильно-продольной жесткости державки инструмента. Закрепляться может сверло, борштанга, в том числе для комбинированного растачивания с одновременным поверхностно-пластическим деформированием. Собственно державка выполнена как стержень-волновод со сквозными винтовыми пазами переменного или постоянного шага. Уменьшение поперечных деформаций технологических подсистем происходит за счет возбуждения комплексных продольно-крутильных колебаний в инструментальной подсистеме [1]. Снижение поперечной составляющей силы резания приводит к уменьшению разбивки отверстия и увода оси [2]. Комплексные колебания рассеивают энергию возмущений, которые приводят к

поперечным смещениям инструмента и заготовки. Основной причиной комплексных колебаний упругой державки инструмента является автоколебательный процесс. Его частота определяется собственной частотой инструментальной подсистемы. Амплитуда автоколебаний определяется в основном режимом резания.

Устройство для вибрационной обработки отверстий (рис. 1) содержит корпус 1. Инструмент (не показан) устанавливается в коническое гнездо 2 державки инструмента 3, жестко закрепленной в пиноле 4 по коническому хвостовику 5. Пиноль 4 с державкой инструмента 3 имеет возможность осевого перемещения относительно корпуса при помощи винта 6. Фиксация положения пиноли 4 с державкой инструмента 3 относительно корпуса 1 происходит за счет конических штифтов 7, которые по конической поверхности крышки 8 утапливаются в пазы державки инструмента 3, формируя жесткую заделку.

Корпус 1 устанавливается на суппорте, станине, планшайбе. Инструмент устанавливается в державку инструмента 3. После включения привода главного движения и продольной подачи корпуса 1 происходит обработка отверстия. Регулирование частоты автоколебаний проис-

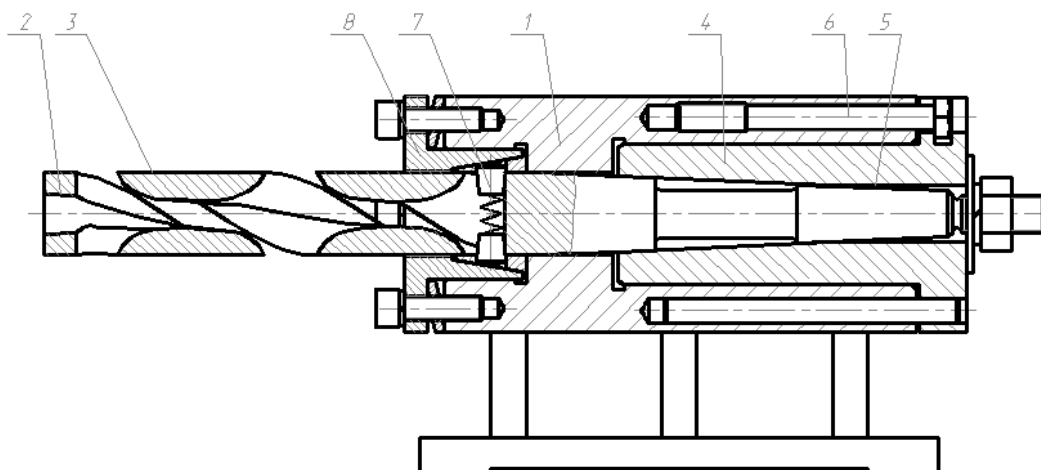


Рис. 1. Конструкция инструментальной головки

ходит за счет изменения вылета упругой державки 3 из корпуса 1 при вращении винта 6 и фиксации в крышке 8 конических штифтов 7. Упругая державка 3 преобразует энергию процесса стружкообразования в комплексные крутильно-продольные колебания режущего инструмента.

На амплитудо-частотных характеристиках поперечных колебаний инструмента присутствует, как правило, один резонансный пик. Частота этого пика соответствует частоте вращения заготовки. При этом амплитуда поперечных колебаний снижается при наличии устойчивых крутильно-продольных колебаний инструмента вследствие снижения сил резания и демпфирования поперечных смещений.

Первый резонансный пик комплексных колебаний соответствует частоте вращения заготовки (5..10 Гц). Второй пик определяется частотой стружкообразования (колеблется в зависимости от скорости резания и коэффициента усадки стружки в пределах 100..250 Гц). При определенных условиях возможно возникновение устойчивых

комплексных крутильно-продольных автоколебаний (частота при разной жесткости волноводного преобразователя 1100, 1580, 2080, 2880 Гц).

Существует технологический режим обработки сверлением, обеспечивающий максимальную точность обработанного отверстия диаметром 16 мм на длине 160 мм (биение 12 мкм, точность размера — 7..8 квалитет, непрямолинейность оси 0,01/100 мм). Этот режим характеризуется наличием высокочастотных продольно-крутильных автоколебаний (1100, 1580, 2000 Гц) и практически равномерной амплитудо-частотной характеристикой изгибных колебаний малой амплитуды.

При эксплуатации данной установки возникает проблема долговечности конструктивных элементов. Это связано с многочастотным воздействием на упругую державку инструмента и все элементы установки, связанные с ней. При вибрациях до 3000 Гц необходимо обеспечить усталостную выносливость вибрирующих элементов. Для решения данной проблемы предлагается использовать

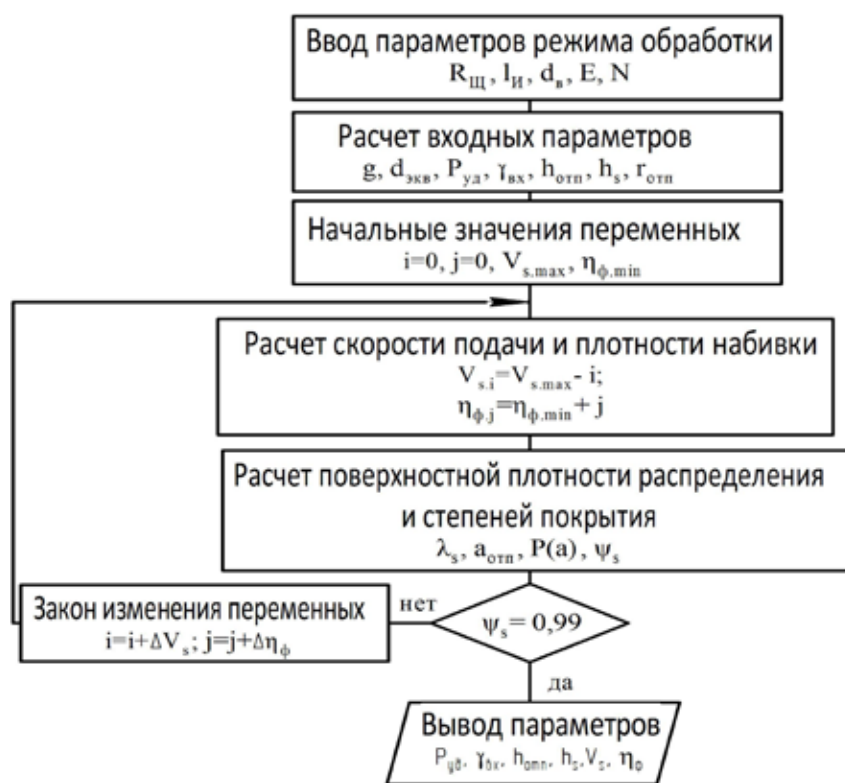


Рис. 2. Схема алгоритма расчетно-аналитического метода:  $R_{щ}$  — радиус гибкого инструмента, м;  $l_{и}$  — длина изгибающейся части проволоки, м;  $d_{в}$  — диаметр ворса, м;  $E$  — модуль упругости, Па;  $N$  — натяг гибкого инструмента к обрабатываемой поверхности, м;  $g$  — коэффициент, учитывающий динамику вращения проволочного инструмента;  $d_{экв}$  — эквивалентный диаметр проволоки, с учетом динамики вращения, м;  $P_{уд}$  — сила удара при входе ворса в контакт с изделием, Н;  $\gamma$  — угол входа ворсинки в контакт с изделием, град;  $h_{отп}$  — глубина упругопластической деформации, м;  $h_{с}$  — максимальная глубина наклепа, м;  $r_{отп}$  — радиус остаточного отпечатка от удара, м;  $V_{с}$  — скорость перемещения обрабатываемой поверхности относительно гибкого инструмента, м/с;  $\eta_{ф}$  — фактический коэффициент заполнения рабочей поверхности инструмента;  $\lambda_{с}$  — поверхностная плотность распределения отпечатков от ударов ворса;  $a_{отп}$  — средневероятное число ударов ворсинки в площадь, равную площади собственного отпечатка;  $P(a)$  — степень покрытия обрабатываемой поверхности;  $\psi_{с}$  — степень равномерности глубины наклепанного слоя



эффективный способ упрочнения цилиндрических поверхностей деформационной обработкой проволочным инструментом (дисковой металлической щеткой), которая может устанавливаться на оборудовании металлообрабатывающей группы, в частности на шлифовальных станках — вместо абразивного круга.

При введении щетки в контакт с обрабатываемым изделием на окружных скоростях 30..60 м/с происходит деформационное воздействие проволочных элементов инструмента на обрабатываемую поверхность. Для определения толщины упрочненного слоя недостаточно знания только силы удара и возникающей в результате неё упруго-пластической деформации. Необходимо иметь представление о количестве ударов в определенную площадь за единицу времени, ведь, говоря об упрочненном слое, имеют, как правило, в виду, его равномерное распределение по глубине на обрабатываемой площади поверхности. А для этого необходимо знать поверхностную плотность распределения отпечатков от ударов ворса.

Так как при обработке проволочным инструментом вероятность появления той или иной ворсинки в любой области обрабатываемой поверхности не зависит от количества ворсинок, попавших в любые области, не пересекающиеся с данной и вероятность попадания в элементарную область двух или более ворсинок пренебре-

жимо мала по сравнению с вероятностью попадания одной ворсинки, то в работе [3] было выдвинуто и доказано предположение о допустимости использования закона Пуассона [4] для анализа распределения отпечатков по поверхности обрабатываемого изделия.

На основе разработанной модели [3] создан алгоритм расчетно-аналитического метода (рис. 2), позволяющий подобрать рациональные режимы при варьировании плотности набивки инструмента и его скорости перемещения.

Использование данного алгоритма позволяет нам назначать эффективные режимы обработки державки инструмента, вне зависимости от материала её изготовления и термической обработки. При обработке проволочным инструментом формируется равновесная шероховатость обработанной поверхности [5], что вместе с увеличением микротвердости и формированием остаточных напряжений сжатия позволяет повысить долговечность державок до 2 раз.

Обработка проволочным инструментом может быть использована как дополнительная операция как при снижении коробления маложестких валов [6], так и при повышении долговечности сменных узлов призматической формы перекомпоуемых производственных систем, используемых при многосторонней обработке деталей [7].

#### Литература:

1. Драчев, О.И. Обоснование выбора параметров технологической системы для сверления отверстий / О.И. Драчев, Д.А. Расторгуев // *Металлообработка*. — 2008. — № 1. — с. 2–6.
2. Драчев, О.И. Повышение эффективности вибрационной обработки глубоких отверстий / О.И. Драчев, Д.А. Расторгуев, Д.Е. Салабаев // *Металлообработка*. — 2006. — № 2. — с. 2–5.
3. Зотов, А.В. Оценка деформационных процессов при обработке проволочным инструментом / А.В. Зотов, О.И. Драчев, Д.А. Расторгуев, А.В. Святкин, В.С. Климов, Е.Д. Мерсон // *Металлообработка*. — 2014. — № 6. — с. 34–40.
4. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. Учебное пособие для вузов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. — М.: Высш. Шк., 2000. — 480 с.
5. Одинцов, Л.Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием: справочник / Л.Г. Одинцов. — М.: Машиностроение, 1987. — 328 с.
6. Драчев, О.И. Метод снижения коробления маложестких валов / О.И. Драчев, А.В. Бобровский, Д.Ю. Воронов // *Машиностроитель*. — 2001. — № 7. — с. 20–23.
7. Левашкин, Д.Г. Моделирование кинематических структур на основе электромеханических устройств для обеспечения жесткости автоматически сменных узлов / Д.Е. Левашкин // *Металлургия: технологии, управление, инновации, качество: труды XVIII Всероссийской научно-практической конференции под ред. Е.В. Протопопова*. — Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет. — 2014. — с. 431–436.



## Получение антикоррозионных материалов на основе местного сырья для нефтетранспортирующих трубопроводов

Рахмонкулов Мурод Турдалиевич, преподаватель;  
Салохитдинов Фарход Абдираззокович, старший преподаватель  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Развитие коррозионных повреждений связано с образованием скоплений воды, которая обычно удаляется с потоком продукции, однако при невысоких скоростях движения жидкости (для исследованных участков  $\sim 0,7$  м/сек), в пониженных местах трассы и перед узлами задвижек остаются водные скопления, даже при малых значениях обводненности продукции.

Скорость локальной коррозии трубопроводов системы поддержания пластового давления и промысловых нефтепроводов достигает в некоторых случаях значений 1,3–1,4 мм/год, с наиболее вероятными значениями соответственно 0,6–0,8 и 0,3–0,5 мм/год.

В настоящее время проблема защиты от коррозии является весьма актуальной, в особенности для нефтегазовой отрасли. Разрушение трубопроводов, а так же машин и механизмов газового, газоконденсатного и нефтяного оборудования в результате коррозии приводит во многих случаях к авариям, что ведет к убыткам из-за расходов на ремонтные работы.

Газ и газоконденсатное сырьё поступающие на переработку содержат сопутствующие коррозионно-активные примеси: сероводород, углекислый газ и воду в которой растворены минеральные соли.

На интенсивность развития коррозионных дефектов внутренней поверхности трубопроводов и технологических оборудования оказывают влияние содержащиеся в перекачиваемой продукции механические примеси, ионный состав минерализованной воды, режим течения и наличие коррозионно-активной микрофлоры. Выход из строя труб с толщиной стенки 9 мм происходит в большинстве случаев менее чем через год, после ввода их в эксплуатацию, вследствие развития дефектов в виде отдельных язв и канавок на нижней образующей внутренней поверхности трубы.

В этой связи в последнее время ведутся интенсивные научно-исследовательские работы по повышению работоспособности газа- и нефтеперерабатывающего, а также транспортного оборудования с использованием различных композиционных материалов на основе ингредиентов из местного и вторичного сырья [1–3].

В одном случае делается акцент на триботехнические свойства нефтепродуктов с взаимодействующими поверхностями, то есть стенками трубопроводов, а в других — на адгезионную прочность специальных покрытий с металлической поверхностью трубопроводов.

Однако, в этих работах не приводятся конкретные методы и средства определения количественной величины интенсивности линейного изнашивания и скорости кор-

розии. Предлагаемые рецептуры для защитного композиционного материала в этих работах не в состоянии удовлетворить требованиям по снижению коррозионной активности агрессивных сред труб из-за низких механических свойств. Эксплуатация трубопроводов в условиях интенсивно развивающейся коррозии с аномально высокой скоростью износа более чем на

10 мм/год, приводит к преждевременному выходу из строя трубопроводов и не предсказуемым по масштабам аварийным ситуациям с затратами на восстановление.

Для защиты окружающей среды от загрязнений промышленными выбросами необходимо создавать технологические процессы, которые обеспечивали бы не только количественные и качественные требования к целевым продуктам, но и комплексное использование сырья. Интенсивное развитие отрасли определяется созданием и внедрением ресурс- и энергосберегающих технологий. До настоящего времени отсутствуют общие принципы разработки технологии, как для малоотходных, так и для безотходных производств, позволяющих решить две взаимосвязанные задачи: экологическую и экономическую.

Использование природных ресурсов с максимальной экономической и, прежде всего, социальной эффективностью требует разработки технологических процессов в тесной связи с экономическими, социальными и биологическими процессами [4–5]. Необходима такая организация производства, при которой утилизируются не только большое количество побочных продуктов, но и все выделяемое тепло, как внутри данной системы, так и частично в соседних взаимосвязанных экологических подсистемах.

Таким образом, перед основным нефтегазовой отраслью на ближайший период времени встают следующие важные задачи:

- разработка технологий, которые позволили бы увеличивать выпуск необходимой продукции, не нарушая требований экологии, т. е. безотходных или малоотходных технологий;
- создание новых производств, использующих в качестве сырья отходы производств других отраслей промышленности;
- создание малоэнергоёмких производств и производств с малым потреблением воды.

Реализация технологических принципов связана с технологическими приемами и методами, такими, как организация потоков, использование совмещенных процессов и др. На основе метода рециркуляции, комбинируя и кооперируя различные производства, технологические

установки и комплексы, можно создать технологически замкнутый комплекс, работающий с максимальным использованием сырья. Следовательно, применение рециркуляционных процессов, лежащих в основе комплексного производства, является одним из важнейших принципов решения двух главных проблем экологии — избежание загрязнения окружающей среды и истощения природных ресурсов.

Далее, огромную роль играет полнота использования жидких и твердых отходов. В производстве капролактама и масложировой отрасли образуется значительное количество жидких отходов (кубовые остатки стадии окисления толуола, госсиполовая смола) и значительно меньше твердых отходов (отработанные катализаторы, адсорбенты, полимеры и др.). При создании безотходных производств необходима, прежде всего, их утилизация или переработка [7]. Это возможно сделать при переработке данных веществ в рамках основных технологических процессов или на отдельных установках в рамках основного

производства (регенерация катализаторов, адсорбентов и т. д.). И, наконец, некоторые отходы (олигомеры) могут использоваться в других производствах в качестве сырья. Примером может служить добавка в строительные материалы олигомерных отходов, которые обеспечивают водоотталкивание. Ниже приведена основная характеристика госсиполовой смолы.

В работе использован кубовый остаток переработки хлопковых семян на масло — госсиполовая смола и ее модифицированные соединения. Требования к техническому продукту по ОСТ 18–114–73: темно-коричневого цвета, консистенция при 293 К однородная, вязко-текучая масса, содержащая 35–40% продуктов окисления, конденсации, полимеризации и других реакций госсипола, 40–50% жирных кислот и их производных, а также 10–12% азотсодержащих соединений. Госсиполовая смола растворяется в ацетоне, метил-этилкетоне, диэтиловом эфире, спиртах, хлороформе. Кислотное число 70–100 мг КОН/г. Удельный вес 0,98–0,99 г/мл [6].

Таблица 1. Основные составные части госсиполовой смолы

Фракция	Выход, % (к весу ГС)	Цвет	Состав фракций
Неомыляемая часть	21–24	темно-коричневый	Углеводороды; C <sub>24</sub> -C <sub>28</sub> -C <sub>33</sub> спирты, ситостерин, амирин
Жирно-кислотная часть	52–57	Черное маслообразное	Жирные кислоты C <sub>16</sub> -C <sub>18</sub> , лактонные и полимеризованные кислоты
Фенольная часть	22–24	от коричневого до темно-коричневого	Фенолы

Утилизация отхода масложирового производства — госсиполовой смолы и применение её в качестве ценного сырья, содержащего в своем составе, в основном, карбоксильные группы и ароматические ядра для получения антикоррозионных материалов представляет особую актуальность. Решение поставленной задачи во многом связано со спецификой химического состава и структуры госсиполовой смолы [6].

Технология получения натриевых солей госсиполовой смолы состоит в следующем /рис. 1/: в мерники 1, в каждый в отдельности заливали госсиполовую смолу и 10% водный раствор NaOH, которые через пробковые краны подавали в реактор 2. Количество вводимого едкого натрия должно соответствовать рассчитанному содержанию общих кислот в госсиполовой смоле. Композицию подогревали через рубашку реактора паром до 80–85 °С. Включали мешалку и смешивание композиции продолжали в течение 0,5–1,0 часов. По окончании, отбирали пробы для определения кислотного числа. После завершения реакции содержимое реактора подавали в дозаторы (4) и охлаждали до 25 °С. Полученные продукты сушили при температуре 50–60 °С до постоянного веса на ленточном транспортере и измельчали, после чего направ-

ляли в транспортирующий резервуар для готовой продукции (4) [7].

Аналогично получены кальциевые, бариевые и алюминиевые соли госсиполовой смолы. Реакцию проводили при температуре 85–90 °С.

Образование солей госсиполовой смолы подтверждено ИК-спектроскопическим методом /рис. 2/. Сравнение ИК-спектров госсиполовой смолы и её производных (кальциевая соль и др.) показывает, что характер спектра двух образцов аналогичен по значениям характеристик частот. Однако имеются некоторые различия.

Из данных таблицы видно, что в области 1510–1550 см<sup>-1</sup> на ИК-спектре соли госсиполовой смолы наблюдается исчезновение полосы поглощения, характерной для галогенов (840 см<sup>-1</sup>), уменьшается интенсивность полосы O–C групп (960 см<sup>-1</sup>), исчезает пик валентных колебаний в области C–O–C (1145 см<sup>-1</sup>), существенно уменьшается интенсивность колебания –C–OH групп (1280 см<sup>-1</sup>) и –CH<sub>3</sub> групп (1330 см<sup>-1</sup>). Исчезновение OH–C = O, COOH групп, уменьшение интенсивности COOH, C–OH групп свидетельствуют об образовании соли госсиполовой смолы за счет этих групп с образованием новых.

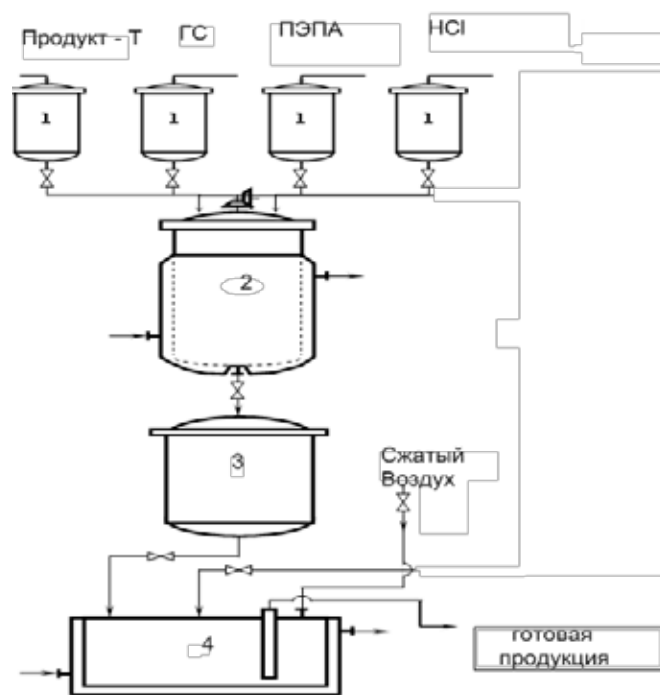


Рис. 1. Технологическая схема получения композиций: 1-мерники для исходных реагентов; 2-реактор; 3-дозатор; 4-транспортирующий резервуар для готовой продукции

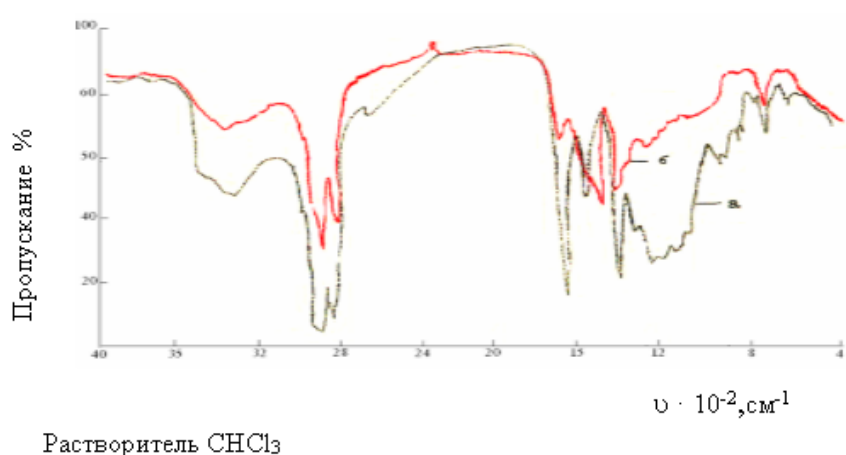


Рис. 2. ИК-спектры: а) госсиполовая смола; б) кальциевая соль госсиполовой смолы

Таблица 2. Сравнительные ИК-спектроскопические данные госсиполовой смолы и кальциевой соли госсиполовой смолы

Госсиполовая смола	Поглощение	Соль госсиполовой смолы	
Галогены, фенил	840см <sup>-1</sup>	Галогены, фенил	Исчезновение
-O-C	960см <sup>-1</sup>	-O-C	Уменьшение
Валентные =C-O-C=	1145см <sup>-1</sup>	C-O-C	Исчезновение
C-OH, Ca	1280 см <sup>-1</sup>	=C-OH, Ca	Уменьшение
-CH <sub>3</sub>	1330см <sup>-1</sup>	-(CH <sub>3</sub> )	Уменьшение
=CH <sub>2</sub>	1460см <sup>-1</sup>	=(CH <sub>2</sub> )	Исчезновение
(COO) <sub>2</sub> Ca, C=C	1610, 1640см <sup>-1</sup>	(COO) <sub>2</sub> Ca, C=C	Исчезновение
C=O, COOH	1710, 1754см <sup>-1</sup>	=C=O, COOH	
CH-CH-	2865,2950 см <sup>-1</sup>	CH-CH-	Сильное уменьшение
=NH	310см <sup>-1</sup>	=NH	Исчезновение
-OH	3300,3500см <sup>-1</sup>	-OH	Без изменения
HO-	3650см <sup>-1</sup>	HO —	Исчезновение

Литература:

1. Т. Н. Ярбабаев, Ш. Р. Файзиев, Д. Юсупов, А. Икрамов. Разработка новых ингибиторов коррозии для системы поддержания пластового давления и солянокислотной обработки скважин // Узбекский журнал нефти и газа. Ташкент, 2008, № 3. С 43–44.
2. Алибеков, Р. С. Анतिकоррозионные покрытия на основе гассиполовой смолы со свойствами модификатора ржавчины // Автореф. канд. дисс., Ташкент, 2002. — 23 с.
3. Шаповалов, В. М., Барсуков В. Г., Лапшина У. И., Губкин В. И. Композиционные отделочные материалы из древесных волокон и термопластов // Строит. материалы. — 1991. — № 5. — с. 18–20.
4. Ибадуллаев, А., Юсупбеков А. Х., Козлов А. А. Композиции на основе ПВХ, наполненные вторичным волокнистым сырьем // Пластические массы. 1989. № 9. с. 64–65.
5. Юсупов, Д., Турабджанов С. М., Миркамилов Т. М., Кодиров Х. И. и др. Безотходная технология переработки отходов ПО «Навоизот» и получение композиционных материалов на их основе // «Композиционные материалы. 2001. № 1. с. 85–87.
6. Фатхуллаев, Э., Джалилов А. Т., Минскер КС., Марьян А. П. Комплексное использование вторичных продуктов переработки хлопчатника при получении полимерных материалов. -Ташкент: Фан. 1988.
7. Таджиходжаева, У. Б., Мирвалиев З. З., Джалилов А. Т., Акбаров Х. И. К вопросу утилизации госсиполовой смолы и организационные принципы создания безотходных производств // Самарканд давлат университети илмий тадқиқотлар ахборотномаси, илмий-назарий, услубий журнал. -Самарканд, 2007, — № 1.52–58с

## Уменьшения потерь народного хозяйства путем повышения безопасности дорожного движения

Седукин Сергей Олегович, магистрант

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия

*Рассматриваются вопросы уменьшения потерь народного хозяйства от дорожно транспортных происшествий.*

**Ключевые слова:** *безопасность дорожного движения, проектные решения, экономическая оценка, социально-экономические потери, ущерб от дорожно-транспортных происшествий*

Безопасность дорожного движения является одним из основных приоритетных направлений в сфере проектирования автомобильных дорог. Фактически за 5 месяцев 2016 года на автомобильных дорогах России погибло 7000 человек, что является тяжелой утратой, как для семей погибших, так и для экономики страны в целом, так как средний возраст погибшего составляет 30 лет, какой колоссальный прирост к производственным мощностям могли дать эти люди.

Отдельно хотелось бы отметить, что **за 6 месяцев текущего года на автодорогах страны погибли 472 ребенка в возрасте до 16 лет, и более 10 тысяч были ранены.** За прошедшие полгода количество погибших сократилось на 4,5 процента в сравнении с аналогичным периодом прошлого года. Количество раненых сократилось на 4,1 процента.

Как ни странно, но сокращение числа погибших не является показателем, объективно характеризующим эффективность мероприятий по снижению дорожно-транспортных происшествий. Так, например к погибшим в результате дорожно-транспортного происшествия относят только тех, кто скончался в течение семи дней после аварии.

Для сравнения: в некоторых странах погибшими в дорожно-транспортном происшествии считаются те, кто умер в течение двух недель после аварии, а в некоторых и те, кто почил в течение месяца. В Российской Федерации на сегодняшний день считается, что если человек скончался, даже не приходя в сознание, на десятый день, он попадает в число раненых в дорожно-транспортном происшествии. Надо сказать, что и немногие из раненых проживают хотя бы год. Но кто-то выживает. И зачастую остается инвалидом.

На сегодняшний день существует Р-03112199–0502–00 «Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий» [1], которая нормирует ущерб народному хозяйству от потерь связанных с дорожно-транспортными происшествиями.

К основным составляющим ущерба от дорожно-транспортных происшествий с пострадавшими относятся следующие:

а) экономические потери из-за отвлечения из сферы производства людей, погибших или получивших телесные повреждения;

Таблица 1. Статистика дорожно-транспортных происшествий произошедших в РФ

Год	Количество ДТП	Погибло	Ранено
2004	208558	34506	251386
2005	223342	33957	274864
2006	229140	32724	285362
2007	233809	33308	292206
2008	218322	29936	270883
2009	203603	26084	257034
2010	199431	26567	250635
2011	199868	27953	251849
2012	203597	27991	258617
2013	204068	27025	258437

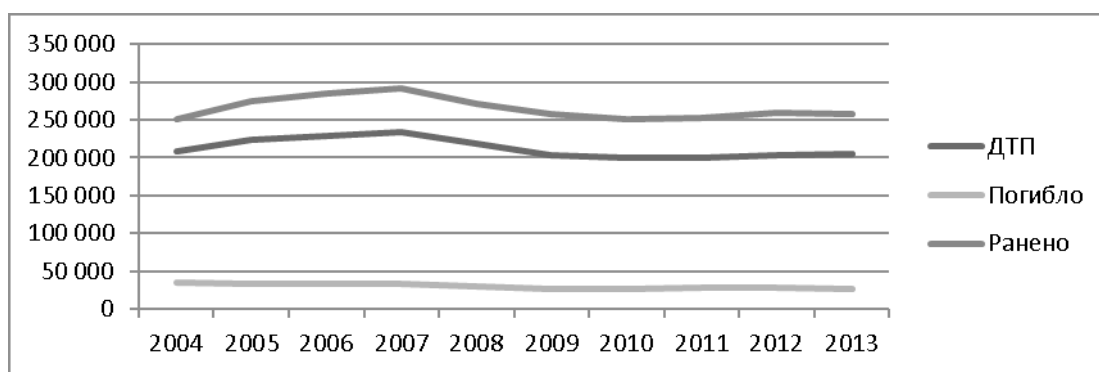


Рис. 1. Динамика изменения количества дорожно-транспортных происшествий и пострадавших граждан

б) затраты на оказание пострадавшим первой медицинской помощи и лечение;

в) выплаты пенсий (инвалидам, семьям погибших);

г) оплата по временной нетрудоспособности.

При подсчете потерь в результате гибели человека определяется предполагаемая продолжительность его трудовой деятельности до пенсионного возраста и оценивается недополученный вклад в ВВП. Средний возраст погибших в дорожно-транспортных происшествиях определяется на основе данных государственной статистической отчетности.

На основании расчета социально-экономического ущерба, можно сказать, что в 2015 году ущерб экономики

страны от дорожно-транспортных происшествий составил около 3 трлн. рублей.

При проектировании автомобильных дорог одним из основных критериев является экономическая эффективность проектных решений рассматриваемых в рамках их дальнейшей реализации. В качестве примера повышения безопасности дорожного движения, а также снижения социально экономического ущерба рассмотрим мероприятия представленные в табл. 3., табл. 4 в соответствии с ВСН 25–86 «Указания по обеспечению безопасности дорожного движения» [2].

В настоящее время, необходимо основываясь на вышеуказанной методике расчета разработать план меро-

Таблица 2. Стоимостная оценка ущерба от дорожно-транспортных происшествий

Наименование показателя	Стоимостная оценка ущерба, тыс. руб.			
	1997 год	1998 год	1999 год	2015 год
Гибель человека, имевшего семью	1421,9	1509	2262	41286,24
Гибель человека, не имевшего семьи	1340,2	1426,8	2139	39037,25
Ранение с получением инвалидности без возможности дальнейшей работы	692,1	745,6	1118	20399,62
Ранение с получением инвалидности и возможностью частичной работы	398,2	430,2	645,0	11770,27
Ранение без получения инвалидности	6,8	7,85	12,0	214,78
Гибель ребенка	1674,9	1731,9	2596	47384,78

Таблица 3. Ширина проезжей части

Ширина проезжей части при укрепленных обочинах, м	Эффективность снижения числа ДТП (при укрепленных обочинах), %	Социально-экономический ущерб, млн. руб.	Эффективность снижения числа ДТП (при неукрепленных обочинах), %	Социально-экономический ущерб, млн. руб.
6	-35	25,56	-150	47,32
1	2	3	4	5
7	-5	19,88	-75	33,12
7,5	0	18,93	-50	28,39
9	20	15,14	0	18,93
10,5	30	13,25	10	17,03
14–15 (без разделительной полосы)	40	11,35	20	15,14
14 (с разделительной полосой)	50	9,46	30	13,25

Таблица 4. Пересечения автомобильных дорог

Тип пересечения	Эффективность снижения числа ДТП %	Социально-экономический ущерб, млн. руб.
<b>В разных уровнях</b>	<b>65</b>	<b>6,63</b>
Кольцевые пересечения	30	13,25
В одном уровне при интенсивности движения на пересекаемой дороге 1% от суммарной на двух дорогах	-50	28,39
В одном уровне при интенсивности движения на пересекаемой дороге 10–20% от суммарной на двух дорогах	-200	56,79
В одном уровне при интенсивности движения на пересекаемой дороге более 20% от суммарной на двух дорогах	-300	75,72

приятый по назначению определенных проектных решений для снижения аварийности на автомобильных дорогах, с учетом сравнительной характеристики и эко-

номической целесообразности, пользы назначаемых решений для народного хозяйства.

#### Литература:

1. Р-03112199–0502–00 «Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от дорожно-транспортных происшествий».
2. ВСН 25–86 «Указания по обеспечению безопасности дорожного движения».
3. СП 34.13330.2013. Автомобильные дороги: актуализированная редакция СНиП 2.05.02–85\*. Введены 2013–01–07. М., 2013.
4. В. В. Чванов, И. Ф. Живописцев Научно-технический информационный сборник Вып. 4. Методы выявления участков концентрации дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах общего пользования. — ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2004 — с. 48–54.



## Предсказание уходов пользователей сервиса с помощью машинного обучения

Смаглий Глеб Дмитриевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

*SaaS (от англ. site as a service — сайт как сервис) — способ предоставления программного обеспечения пользователю с помощью сайта в сети интернет. В этом случае пользователь не должен устанавливать себе никакого программного обеспечение, а возможный обмен между различными пользователями данного сервиса становится очень простым. В качестве типичных представителей данного способа предоставления программного обеспечения можно привести: онлайн-кинотеатры, социальные сети и другие часто используемые сервисы. При этом некоторые пользователи со временем теряют интерес к сервису или уходят по каким-либо иным причинам. Иногда данных пользователей можно удержать, предоставив им дополнительные преимущества, например, скидку на пользование платным продуктом. Таким образом, ранее предсказание ухода пользователя становится актуальной задачей и успешно решается с помощью алгоритмов машинного обучения, речь о которых и пойдет далее.*

Многие SaaS сайты предоставляют платную подписку для своих услуг. Однако пользователи, пользующиеся данным сервисом, могут хотеть уйти. Это может происходить по разным причинам: недовольство качеством услуг за назначенную цену или низкий в целом уровень обслуживания, недостаточное количество функций или отсутствие необходимости в данном сервисе. При возможности заранее предсказать уход того или иного пользователя, оказывается возможным осуществлять некоторые проактивные действия по его удержанию, что зачастую выгодно.

### Возможные пути решения данной проблемы.

В качестве возможных методов предсказания, уйдет пользователь или нет в ближайшее время, можно использовать построение сложных моделей, однако зачастую ресурсы, потраченные на исследование и построение таких моделей могут быть высоки и оказаться невыгодными. Поэтому идея использовать машинное обучение для данной задачи кажется перспективной. Для выбора подходящего метода, проведен исследование.

### Задача предсказания уходов пользователей.

Задача предсказания уходов пользователей в ближайшее время представима в виде задачи классификации. Каждый пользователь является объектом и представляется в виде набора некоторых признаков. При этом пользователь относится к одному из двух классов 0 или 1, в зависимости от того, уйдет он в ближайшее время или нет. При этом для классификации можно использовать различные алгоритмы и трудно заранее сказать, какой из них будет эффективнее. Для этого исследуем следующие алгоритмы: метод опорных векторов, решающие деревья, случайный лес и библиотеку xgboost, реализующую бустинг деревьев с помощью оптимизации целевой функции градиентным спуском.

### Исследование эффективности алгоритмов.

В качестве входных данных взят массив, представляющий собой заходы пользователей сайта Wild Apricot за последние 16 месяцев. В качестве выходных классов взяты следующие: 1, если пользователь уйдет в ближайшие два

месяца, 0 — если этого не произойдет. Тестирование алгоритмов делится на два этапа: обучение на тренировочной выборке и тестирование алгоритма на сбалансированной тестовой выборке с построением матрицы ошибок (у которой в шапке указываются предсказанные классы, а в первом столбце — действительные, то есть, правильные), а также считается средняя точность алгоритма и доверительный интервал для точности. Всего проводится 10 тестирований. Выборка объектов для тестового набора происходит методом hold-out и каждый запуск перед обучением случайно откладывается 100 объектов класса 1 и 100 объекта класса 2 для последующего тестирования на них обученного алгоритма.

### Метод опорных векторов.

Метод опорных векторов (англ. SVM, support vector machine) — семейство алгоритмов обучения с учителем (англ. supervised learning), которые используются для задач классификации и регрессии. Основная идея метода — перевод исходных векторов в пространство более высокой размерности и поиск разделяющей гиперплоскости с максимальным зазором в этом пространстве. Для анализа использовалась реализация алгоритма из пакета scikit learn для языка Python с параметрами по умолчанию:

```
from sklearn import svm
clf = svm.SVC()
```

При исследовании данного метода получена матрица ошибок, показанная в таблице 1.

Таблица 1. Матрица ошибок метода опорных векторов

	0	1
0	992	8
1	675	325

А также средняя точность 0.65 и доверительный интервал (при доверительной вероятности 0.95) для точности — (0.64, 0.68). Такая низкая точность обуславливается, вероятной невозможностью линейно разделить данные классы.

**Метод решающих деревьев.**

Метод решающих деревьев — средство поддержки принятия решений, используемое в статистике и анализе данных для прогнозных моделей. Структура дерева представляет собой «листья» и «ветки». На ребрах («ветках») дерева решения записаны атрибуты, от которых зависит целевая функция, в «листьях» записаны значения целевой функции, а в остальных узлах — атрибуты, по которым различаются случаи. Чтобы классифицировать новый случай, надо спуститься по дереву до листа и выдать соответствующее значение. Подобные деревья решений широко используются в интеллектуальном анализе данных. Для данной задачи использовались решающие деревья из пакета scikit learn с параметрами по умолчанию:

```
from sklearn import tree
clf = tree.DecisionTreeClassifier()
```

И полученная матрица ошибок представлено в таблице 2.

Таблица 2. Матрица ошибок метода решающих деревьев

	0	1
0	975	25
1	548	452

А также средняя точность 0.71 и доверительный интервал (при доверительной вероятности 0.95) для точности — (0.69, 0.73). Как видно, точность уже возросла, потому что используется нелинейное разделение, однако все еще высока, что обуславливается проблемами переобучения решающих деревьев.

**Метод случайного леса.**

Метод случайного леса — алгоритм машинного обучения, предложенный Лео Брейманом и Адель Катлер, заключающийся в использовании комитета (ансамбля) решающих деревьев. Алгоритм сочетает в себе две основные идеи: метод бэггинга Бреймана, и метод случайных подпространств. Алгоритм применяется для задач классификации, регрессии и кластеризации. Его реализация также есть в пакете scikit learn, чем и воспользуемся, причем выберем количество деревьев в комитете равным 100, что оптимально для данной задачи:

```
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
clf = RandomForestClassifier(n_estimators = 100)
```

Проведем эксперимент и построим матрицу ошибок. Она приведена в таблице 3.

Литература:

1. Eric Matthes Python Crash Course: A Hands-On, Project-Based Introduction to Programming / Eric Matthes — No Starch Press, 2015. — 560 с.
2. Christopher Bishop Pattern Recognition and Machine Learning (Information Science and Statistics) / Christopher Bishop — Springer, 2007. — 738 с.

Таблица 3. Матрица ошибок для метода случайного леса

	0	1
0	978	22
1	489	511

Среднюю точность посчитаем из таблицы 3 и получим 0.74 и доверительный интервал (0.72, 0.76) — при доверительной вероятности 0.95. Точность, как видно, выше, чем у метода решающих деревьев, однако все еще низка из-за проблем с переобучением.

**Метод градиентного бустинга деревьев.**

Метод градиентного бустинга деревьев из библиотеки xgboost — метод, основанный на использовании приемов бустинга ансамбля деревьев с использованием оптимизации целевой функции, которая также включает в себя регуляризацию. Оптимизация, что отличительно, производится с помощью градиентного спуска к экстремуму целевой функции. При использовании данного метода получим матрицу ошибок, представленную в таблице 4.

Таблица 4. Матрица ошибок для метода градиентного бустинга

	0	1
0	966	34
1	299	701

А также среднюю точность 0.83 при доверительном интервале с доверительной вероятностью 0.95, равным (0.82, 0.86). Как видно, результаты получились гораздо лучше, что обусловлено хорошей стойкостью алгоритма к переобучению в сочетании с возможностью нелинейного разделения классов.

**Заключение.**

Были рассмотрены различные методы предсказания уходов пользователей интернет сервиса по их количеству заходов на протяжении последних 16 месяцев. В ходе исследования получено, что данная задача плохо решается с помощью линейных методов классификации, а также способствует переобучению некоторых алгоритмов. Однако метод градиентного бустинга ансамблей решающих деревьев успешно может быть применен для решения данной задачи.

## Разработка архитектуры стенда для проведения диагностики и аттестации логического анализатора

Стасенко Николай Валерьевич, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

В современной электронной промышленности существует огромное число различных типов микросхем: микропроцессоры, системы на кристалле, чипы памяти и многие другие.

Производство микросхем является технически сложным процессом, который состоит из множества шагов. Их условно можно разделить на несколько стадий:

- Проектирование
- Производство
- Тестирование

На стадии проектирования разработчик определяет, каким требованиям должна отвечать разрабатываемая микросхема, создает функциональную модель или математическую модель микросхемы, в которой определяются реакции микросхемы на определенные входные воздействия, а также разрабатывает топологию микросхемы.

На следующей стадии происходит процесс производства микросхемы на фабрике, который состоит из множества шагов, таких как:

- Металлизация
- Легирование
- Травление
- Установка кристаллов в корпуса и др.

Подробное рассмотрение данной стадии не является темой статьи, так что перейдем к следующей стадии.

Тестирование микросхемы. Перед выпуском микросхемы с фабрики она проходит ряд тестов, которые позволяют определить, отвечает ли созданная микросхема заданным требованиям, работает ли она так, как определил разработчик.

Осуществление тестирования и контроля микросхемы является неотъемлемой частью в их производстве и серийном изготовлении. К основным видам контрольных испытаний микросхем можно отнести:

- Функциональный контроль;
- Параметрический контроль;
- Диагностический контроль.

**Функциональный контроль** реализует проверку СБИС и БИС и основан на проведении статистических и динамических параметров микросхемы на базе контрольно-тестовой таблицы, составленной разработчиками микросхемы при помощи компьютеризированных технологий с учетом минимизации количества входных кодовых комбинаций.

**Параметрический контроль** микросхем предпочтительнее использовать для схем малой интеграции компонентов. Данный контроль основан на измерении базовых параметров микросхемы на постоянном токе, и помимо этого он включает в себя проведение проверки выпол-

нения логических функций и измерение выходных электрических сигналов. Данный контроль имеет свой недостаток: с повышением степени интеграции компонентов схемы, эффективность параметрического контроля уменьшается, а в таком случае измерение времени нарастания и спада сигналов становится бессмысленным.

**Диагностический контроль** — это частный случай контроля микросхем, который наиболее эффективен при проведении тестирования гибридных микросхем. Данный вид микросхем позволяет осуществить замену вышедших из строя элементов, находящихся на общей подложке.

Рассматривая отдельные виды технологического контроля, стоит обратить отдельное внимание на методы испытания микросхем. В данном случае речь идет об измерении статических и динамических параметров микросхемы.

К статическим параметрам можно отнести измерения уровней входных напряжений и токов, которые соответствуют логическим нулям и единицам, а также помехоустойчивость микросхемы, обусловленную сохранением верного состояния элементов схемы в условиях действия помех. Также к статистическим параметрам можно отнести мощность потребления схемы, коэффициент разветвления трасс по выходу, устанавливающий количество элементов, подключаемых к выходу без нарушения работоспособности микросхемы. Быстродействие и помехоустойчивость микросхем описывается динамическими параметрами [1–4].

Одним из тестов является функциональный контроль микросхем. Данный тест производится на финальном этапе производства. Это так называемое тестирование после окончательной сборки — проверка функциональности и соответствия спецификации. Оценивается не только качество, но также стабильность и надежность устройства. Такой анализ электроники проходит с использованием сложного стендового оборудования, имитирующего систему, в составе которой работает тестируемое устройство.

Анализаторы логические предназначены для измерений параметров сигналов при функциональном и параметрическом контроле микросхем с определенным числом выводов и применяются для выходного контроля параметров и правильности функционирования микросхем при их разработке и производстве (Рис. 1).

Технические характеристики логического анализатора Aglient 93000:

- Диапазон напряжений: от  $-8$  В до  $8$  В;
- Диапазон токов: от  $-8$  А до  $8$  А;
- Количество каналов общего назначения: 512;
- Количество каналов питания: 16;



Рис. 1. Логический анализатор

— Максимальная частота функционального контроля: 250 МГц;

Для проверки корректности работы логического анализатора необходимо проводить раз в год его диагностику и аттестацию.

Аттестация логического анализатора состоит в проведении ряда тестов, заключающихся в измерении всех возможных устанавливаемых уровней логической единицы в каждом канале общего назначения с заданной нагрузкой, а также измерение выходных токов в каналах питания с помощью мультиметра.

Логический анализатор должен выставлять уровни логической единицы с точностью в 1 мВ, а значение выходного тока с точностью 2%.

Для автоматизации процесса аттестации будет разработан стенд для проведения диагностики и аттестации, архитектура которого рассматривается в данной статье.

Процесс работы с разрабатываемым стендом отображен на рисунке 2.

Для обеспечения гарантированной точности измерений в 1 мВ, необходимо чтобы точность измерения АЦП составляла 0,1 мВ при максимальном напряжении в 5 В. Разрешение АЦП должно быть не менее:

$$RES = \log_2 \frac{5}{0,0001} \approx 15,6$$

Так как эффективное разрешение АЦП на 3–4 разряда меньше чем разрядность АЦП, то для измерения напряжений с заданной точностью необходим АЦП с разрешением больше чем 18–20 бит.

Исходя из данных расчетов, был выбран сигма-дельта АЦП, так как он имеет разрешение вплоть до 24 бит.

Для измерения токов меньше 1 А был выбран метод резистивного шунта, так как он позволяет получить высокую точность измерения при малых токах.

Для измерения токов от 1 А до 8 А был используется датчик, основан ный на эффекте Холла, так как такие датчики позволяют измерять большие токи с приемлемой точностью без тепловых потерь.

Результатом разработки стала приведенная на рисунке 3 архитектура.

Главным управляющим устройством в схеме является микроконтроллер, который осуществляет:

- Вывод данных на ЖК дисплей;
- Обмен данными с ПК по интерфейсу USB 2.0 Full-Speed;
- Осуществляет опрос кнопок управления;
- Управляет драйверами реле по протоколам SPI и I2C;
- Запускает преобразование и получает данные от АЦП по протоколу SPI;
- Управляет переключением реле, отвечающих за выбор режима измерения;

Драйвера реле осуществляют переключение реле, отвечающих за выбор канала для измерения.

Аналого-цифровой преобразователь подключен к реле, отвечающему за выбор отрицательного или положительного напряжения для измерения, а также к источнику опорного напряжения. Осуществляет измерение напряжения на выводах анализатора.

Операционный усилитель подключен к источнику биполярного напряжения, а также к реле, отвечающему за выбор режима измерения (измерение тока или напряжения). Позволяет преобразовать напряжение в диапазоне от –8 В до 8 В в напряжение, которое может измерить АЦП (от 0 до 5 В).

Каналы питания через реле, управляемые драйвером реле, подключены к датчику тока и резистивному шунту.

Датчик тока и резистивный шунт подключены к реле, отвечающему за выбор используемого метода измерения тока. Предназначены для измерения протекающего тока.



Рис. 2. Порядок работы с разрабатываемым стендом

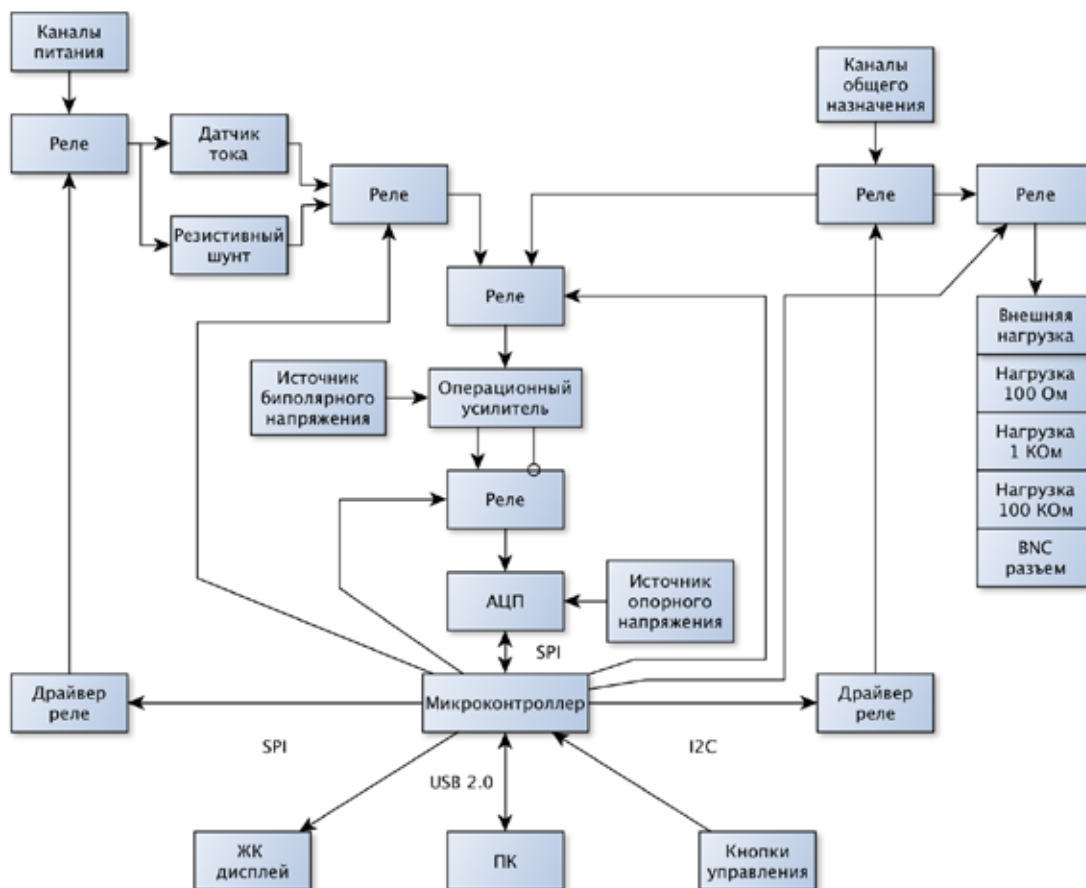


Рис. 3. Архитектура стенда



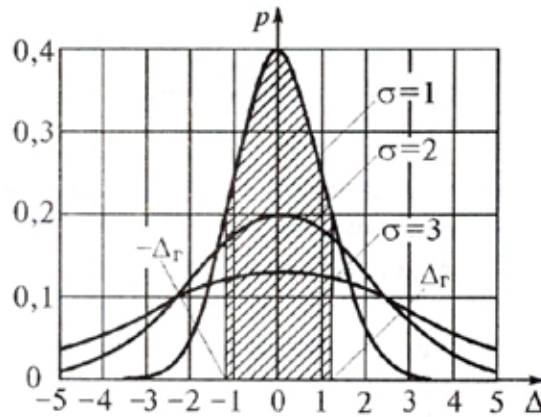


Рис. 4. Графики нормального закона распределения

Каналы общего назначения через реле, управляемые драйвером реле, подключены к операционному усилителю, а также через реле, управляемые микроконтроллером, к различным нагрузкам.

После разработки электрической принципиальной схемы, а также подбора элементной базы, необходимо будет провести расчет точности измерений.

Доверительные границы суммарных случайных погрешностей с одинаковой доверительной вероятностью  $P$  рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon = \sqrt{\sum_{i=1}^m \varepsilon_i^2(P)}, \tag{1}$$

где  $\varepsilon_i(P)$  — доверительные границы.

Дополнительно доверительные границы суммарных случайных погрешностей можно будет уточнить после создания прототипа стенда, используя нормальный закон распределения погрешностей:

$$p(\Delta) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\Delta^2}{2\sigma^2}}, \tag{2}$$

где  $\sigma$  — СКО погрешности характеризует точность измерений,  $\Delta$  — абсолютная погрешность результата измерения [5, с. 59].

Погрешность, равная  $3\sigma$ , принята в радиотехнике за максимальную и ее записывают в виде  $M = 3\sigma$ . При  $P = 0,997$  из тысячи выполненных измерений только три их погрешности  $\Delta$  выходят за пределы интервала  $(-3\sigma, 3\sigma)$ .

После создания прототипа стенда можно провести оценку погрешности измерения по данному методу и рассчитать реальную погрешность измерения.

**Заключение**

В ходе работы была разработана архитектура стенда для проведения диагностики и аттестации логического анализатора. Данная архитектура будет использована при разработке законченного стенда, который будет использоваться на фабрике по производству микросхем.

Актуальность разработки данной системы обуславливается необходимостью упрощения процесса диагностики и аттестации логического анализатора.

**Литература:**

1. Малышева, И. А. Технология производства интегральных микросхем / И. А. Малышева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Радио и связь. — 1991. — 344 с.
2. Курносов, А. И. Технология производства полупроводниковых приборов и интегральных микросхем / А. И. Курносов, В. В. Юдин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва: Высшая школа. — 1986. — 368 с.
3. Магеррамов, Р. В. Процесс тестирования интегральных микросхем / Р. В. Магеррамов // Молодой ученый. — 2015. с. 154–158.
4. Модульные измерительные системы для автоматизированных испытаний // Контрольно-измерительные приборы и системы. — 2010. — № 4. — с. 25–30.
5. Нефедов, В. И., Сигов А. С., Битюков В. К., Самохина Е. В. Электрорадиоизмерения: учебник. 3-е изд. / под ред. А. С. Сигова. — М.: ФОРУМ, 2011. 384 с.



## Анализ методов контроля целостности спутниковых радионавигационных систем в навигационных системах подвижных наземных объектов

Сурков Владимир Олегович, аспирант  
Тамбовский государственный технический университет

*В статье проанализированы методы контроля целостности спутниковых радионавигационных систем (СРНС) в навигационных системах подвижных наземных объектов. Методы контроля целостности, основанные на использовании избыточности информации СРНС и использовании внешней по отношению к потребителю средств контроля целостности информации не позволяют выполнить совместную задачу идентификации отказавшего навигационного спутника и оценки работоспособности приемника СРНС. Для решения данной задачи необходимо использовать методы марковской теории оценивания случайных процессов и полей, которые позволят определить факт отказа спутника и внешние автономные методы контроля целостности, основанные на получении избыточной информации от БИНС для контроля работоспособности СРНС.*

Особенностью функционирования навигационных систем ПНО является зависимость значений погрешностей координат местоположения от наличия данных на выходе приемника СРНС (АП СРНС). Наличие данных на выходе АП СРНС зависит от исправности отдельных элементов космического сегмента СРНС, от исправности приемных каналов АП СРНС. Еще одной особенностью, приводящей к отсутствию данных на выходе приемника СРНС, является возможность перехода СРНС в режим временного отказа, связанного с изменением внешних условий, приводящих к уменьшению мощности сигнала на входе приемного устройства измерителя или к его полному кратковременному пропаданию. При отсутствии данных на выходе АП СРНС происходит значительный рост погрешностей в определении координат местоположения, который приводит к невозможности определения местоположения на основе данных от СРНС как для отечественных, так и для навигационных систем зарубежных производителей и негативно сказывается на точности и доступности данных как СРНС, так и всей системы.

Под доступностью понимается способность радионавигационной системы обеспечить проведение навигационных определений в заданный момент времени в определенной зоне действия [1].

Доступность радионавигационной системы характеризуется вероятностью получения потребителем в рабочей зоне достоверной навигационно-временной информации в определенный период времени и с требуемой точностью [2].

Для обеспечения доступности и достоверности данных необходим контроль целостности СРНС в навигационных системах ПНО. Для обеспечения контроля целостности необходимо решить задачу обнаружения аномальной работы ее элементов и защиты результата решения навигационной задачи от влияния этих аномалий. Обнаружение аномальной работы элементов СРНС будет заключаться в решении совместной задачи идентификации отказа навигационного спутника, определения факта перехода СРНС

в режим временного отказа и контроля работы приемника СРНС.

Контроль целостности СРНС в настоящее время может осуществляться:

1. С помощью аппаратуры навигационного спутника, наземного контрольного сегмента и систем дифференциальной коррекции, т. е систем использующих внешнюю по отношению к потребителю информацию

2. С помощью автономных методов контроля целостности, т. е в аппаратуре потребителя. Методы автономного контроля целостности делятся на:

— методы контроля целостности, основанные на методах оценок [3] (методы максимального отличия решения [4], сравнения дальности [5], сравнения местонахождения, невязки по методу наименьших квадратов [6]) и методах фильтрации [7–8], использующих избыточность информации СРНС за счет наблюдения в АП СРНС пяти или больше спутников;

— методы контроля целостности, основанные на получении избыточной информации от других датчиков и систем, имеющихся в составе навигационной системы (барометрического высотомера (БВ) [11–14], инерциальной навигационной системы (ИНС); радиосистем ближней навигации (РСБН), радиосистем дальней навигации (РСДН))

Недостатками использования для контроля целостности систем, работающих на основе внешней по отношению к потребителю информации, являются:

— не автономность использования и несвоевременность оповещения потребителя о неисправности спутника;

— дополнительные затраты на организацию канала оповещения;

— ограниченность действия систем дифференциальной коррекции и необходимость создания специализированного канала связи контрольной станции с потребителями.

— не возможность контролировать работоспособность АП СРНС.

Недостатками методы контроля целостности использующих избыточность информации СРНС являются:

— Невозможность определения факта временного отказа СРНС

— Необходимость избыточности спутниковых измерений для определения отказавшего спутника, обеспечение которой возможно не всегда

Методы контроля целостности, основанные на получении избыточной информации от других датчиков и систем, имеющих в составе навигационной системы также имеют недостатки, связанные с особенностями функционирования навигационных устройств (зависимость БВ от метеоусловий, ограниченность действия РСБН и РСДН) и с использованием методов вторичной обработки информации при синтезе алгоритмов контроля. Алгоритмы контроля на основе методов вторичной обработки не позволяют определить причину отсутствия данных на выходе приемника СРНС и факт отказа спутника, но способны определить факт отказа приемника СРНС.

В настоящее время для повышения точности, надежности и целостности навигационного обеспечения необходимо создание алгоритмов оптимальной комплексной первичной обработки радиосигналов, которые позволяют одновременно решать задачу различения радиосигналов

на входе приемных устройств и оценивания параметров этих сигналов — алгоритмов фильтрации дискретно-непрерывных процессов. Использование данных алгоритмов так же позволит решить задачу контроля целостности СРНС в навигационной системе ПНО — за счет определения одного или двух дискретных параметров, характеризующих наличие сигнала от спутников на входе приемника СРНС [9–10].

Таким образом, рассмотренные методы контроля целостности не позволяют решить совместную задачу идентификации отказавшего навигационного спутника, определения факта перехода СРНС в режим временного отказа и контроля работы приемник СРНС. Рассмотренные методы могут решить её по отдельности. Для решения данной задачи необходимо объединить методы оценивания дискретно — непрерывных процессов, которые позволяют определить факт отказа спутника или переход СРНС в режим временного отказа и внешние автономных методы контроля целостности, основанные на получении избыточной информации от других устройств и систем (например от БИНС) с помощью которых возможно контролировать работу приемника СРНС.

#### Литература:

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А.И. Перова, В.Н. Харисова. Изд 3-е, перераб. — М.: Радиотехника, 2005, 688 с., ил.
2. Радионавигационный план Рос. Федерации: утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 сентября 2008 г. № 118: в редакции приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 31 августа 2011 г. № 1177. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»
3. Варавва, В.Г., Кирейченко В.А. Контроль целостности GNSS в бортовых навигационных системах/ В.Г. Варавва, В.А. Кирейченко // Проблемы безопасности полетов, 1992, № 9
4. Brown, R. G., Mc Burney P. W. Self-contained GPS Integrity Check Using Maximum Solution Separation// Navigation, Summer 1988, vol 35, no 2.
5. Young, C. Lee. Analysis of Range and Position Comparison Methods as a Means to Provide GPS Integrity in the User Receiver// The MITRE Corporation, McLean, Virginia, 1986
6. Parkinson, B. W., Axelrad P. Autonomous GPS Integrity Monitoring Using the Pseudorange Residual// Navigation, Summer 1988, vol. 35, no. 2.
7. Brown, R. G., Self-Contained GPS Integrity: Tradeoff Between Selective Availability and Radial Error to be Protected Against// RTCA Paper no. 408–87/SC159–119
8. Brown, R. G., Patrick Y. C. GPS Failure Detection by Autonomous Means Within the Cockpit, Electrical Engineering, Iowa State University Ames, Iowa 50011
9. Ярлыков, М. С., Миронов М. А. Марковская теория оценивания случайных процессов. М.: Радио и связь, 1993.
10. Тихонов, В. И., Харисов В. Н., Смирнов В. А. Оптимальная фильтрация дискретных и непрерывных процессов // Радиотехника и электроника. 1978. Т. 23, № 7. с. 1441–1453.
11. Иванов, А.В. Алгоритмы обработки информации в навигационных системах наземных подвижных объектов с контролем целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем / А.В. Иванов, Д.В. Комраков, В.О. Сурков // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. — 2014. — № 52. — с. 53–58.
12. Комраков, Д.В. Оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных комплексах наземных подвижных объектов с автономным контролем целостности навигационных данных /Д.В. Комраков // Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах: материалы междунар. конф. с элементами научной школы. Тамбов, 23–24 апреля 2015 г — с. 333–335
13. Brown, A. Integrity Monitoring Of GPS Using a Barometric Altimeter// RTCA Paper no. 405–87/SC159–117.

14. Иванов, А.В. Комплексные оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения/ А.В. Иванов // Радиотехника. — 2010. — № 12.

## Принципы построения системы контроля состояния датчиков в навигационных системах подвижных наземных объектов

Сурков Владимир Олегович, аспирант  
Тамбовский государственный технический университет

*Исходя из особенностей функционирования навигационных систем подвижных наземных объектов, предложены принципы построения системы контроля состояния датчиков (приемника спутниковых радионавигационных систем) в навигационных системах подвижных наземных объектов. Система должна строиться с использованием методов первичной обработки информации.*

Особенностью функционирования навигационных систем ПНО является зависимость значений погрешностей координат местоположения от наличия данных СРНС. При их отсутствии происходит значительный рост погрешностей в определении координат местоположения, который приводит к невозможности определения местоположения на основе данных от СРНС как для отечественных, так и для навигационных систем зарубежных производителей и негативно сказывается на точности и доступности данных как СРНС, так и всей системы.

Под доступностью понимается способность радионавигационной системы обеспечить проведение навигационных определений в заданный момент времени в определенной зоне действия [1].

Доступность радионавигационной системы характеризуется вероятностью получения потребителем в рабочей зоне достоверной навигационно-временной информации в определенный период времени и с требуемой точностью [2].

Для обеспечения доступности и достоверности данных необходим контроль целостности СРНС в навигационных системах ПНО. Контроль целостности будет включать контроль сигналов на входе приемника СРНС, контроля состояния самого приемника и проведение необходимой реконфигурации структуры навигационной системы по сигналам системы контроля. Для этого необходимо создать систему контроля, основанную на следующих принципах:

1. Система должна контролировать состояние наиболее существенных и подверженных сбоям элементов в составе системы навигации. Состав системы и перечень существенных элементов для контроля должны быть выбраны исходя из особенностей функционирования системы. Так в состав всех систем навигации ПНО входят бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) и СРНС [3], данные от которых позволяют получить необходимый объем информации для потребителя.

Для навигационных систем ПНО важен контроль именно СРНС вследствие возможности отсутствия сигналов на входе приемника СРНС и невозможности имеющихся систем определить факт его отсутствия на входе приемника.

2. Система контроля должна определять факт наличия сигналов на входе приемника СРНС. Это позволит определить факт его отказа или факт перехода в режим временного отказа. Переход в состояние временного отказа характерен только для РТИ и связан с изменением внешних условий, приводящих к уменьшению мощности сигнала на входе приемного устройства измерителя или к его полному кратковременному пропаданию. Данный переход так же приводит к невозможности использования данных от СРНС.

3. Разработка алгоритмов обработки информации должна осуществляться на основе методов первичной обработки, так как с их помощью возможно определить факт наличия сигналов на входе приемника СРНС и установить работоспособность непосредственно приемника СРНС и оценить при этом вектор состояния

4. Синтез алгоритмов обработки информации должен осуществляться на основе метод марковской теории оценивания случайных процессов и полей

5. В состав системы необходимо включить:

— специализированные вычислители и микропроцессоры, осуществляющие предварительную обработку информации для подготовки её к использованию в системе контроля;

— дополнительные согласующие устройства, выполняющие преобразование координат и согласование динамических диапазонов сигналов;

6. При построении системы необходимо использовать принцип модульности аппаратных и программных средств на информационном, программном и конструктивных уровнях, который позволит максимально продлить срок их службы без существенного морального износа за счёт поэтапной модернизации отдельных электронных модулей.

Литература:

1. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / Под ред. А. И. Перова, В. Н. Харисова. Изд 3-е, перераб. — М.: Радиотехника, 2005, 688 с., ил.
2. Радионавигационный план Рос. Федерации: утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 сентября 2008 г. № 118; в редакции приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 31 августа 2011 г. № 1177. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс»
3. Сурков, В. О. Сравнительный анализ отечественных и зарубежных систем навигации подвижных наземных объектов // Молодой ученый. — 2015. — № 13. — с. 211–214.

## Снижение влияния условий функционирования на работу навигационной системы подвижного наземного объекта

Сурков Владимир Олегович, аспирант  
Тамбовский государственный технический университет

*Предложен способ снижения влияния условий функционирования на работу навигационной системы подвижного наземного объекта (ПНО) за счет обеспечения адаптивности системы к их изменению, которое включает создание системы контроля спутниковой радионавигационной системы (СРНС) и последующее применение программной реконфигурации системы, реализуемой за счет изменения рабочего созвездия спутников.*

В процессе функционирования навигационной системы ПНО возможно снижение точности навигационной системы и целостности её данных при изменении условий функционирования системы. Изменение условий может произойти:

— из-за выхода из строя (отказа) того или иного элемента, что характерно как для радиотехнических, так и для нерадиотехнических измерителей;

— из-за кратковременного пропадания сигнала на выходе того или иного элемента — переход в состояние временного отказа, характерный только для радиотехнических измерителей и связанный с изменением внешних условий, приводящих к уменьшению мощности сигнала на входе приемного устройства измерителя. Примером измерителя, для которого данный переход возможен, является приемник СРНС сигналы, которого используются на сегодняшний день практически во всех навигационных системах.

Для снижения влияния условий функционирования на работу навигационной системы ПНО необходимо обеспечение адаптивности системы к их изменению. Оно включает в себя создание системы контроля позволяющей обеспечить диагностирование технического состояния элементов системы и контроль поля радиосигналов на входах приемных устройств радиотехнических измерителей для выявления факта их пропадания с целью определения перехода измерителя в режим кратковременного отказа [1, 2] с последующим выполнением программной реконфигурации системы.

Так как в настоящее время введение резервных элементов усложняет конструкцию всей системы, увеличи-

вает массу и размеры, то наиболее целесообразным в настоящее время является использование программной реконфигурации в навигационных системах ПНО. В случае выхода из строя части элементов комплекс продолжает функционировать (с меньшей эффективностью) без использования дублирующих элементов.

В настоящее время для реализации программной реконфигурации возможно использование множества алгоритмов и реализующих их программ для решения одной и той же задачи в зависимости от работающих датчиков. Например, в случае отказа приемника СРНС в системе происходит замена используемого в данный момент алгоритма, функционирующего при исправности всех элементов на алгоритм, работающий эффективно при отсутствии данных СРНС тем самым осуществляется структурная перестройка системы, позволяющая снизить влияние условий функционирования на работу навигационной системы [3,4]. Переход между алгоритмами осуществляется по показаниям системы контроля.

Однако использование данного подхода в навигационных системах ПНО сопряжено с недостатками:

1. Исключение из обработки данных радиотехнических измерителей приведет к получению точностных характеристик и характеристик целостности данных, не удовлетворяющих требованиям [5];

2. Использование множества алгоритмов обработки информации приведет к снижению скорости обработки данных

3. Используемые для организации контроля методы являются методами вторичной обработки информации

и не позволяют обеспечить контроль радиосигналов на входе радиотехнических измерителей

Для обеспечения адаптивности навигационной системы ПНО к изменению условий функционирования нет необходимости создавать систему контроля всех датчиков, достаточно обеспечить целостность СРНС, так как ИНС входящий в состав имеет большую надежность. Обеспечить целостность СРНС возможно за счет контроля сигнала на входе приемника СРНС и при его отсутствии произвести программную реконфигурацию (изменить рабочее созвездие спутников) и продолжить работу навигационной системы.

Изменение рабочего созвездия позволит нам не изменять алгоритма обработки всей системы, получать точностные данные удовлетворяющие требованиям и обеспечивать требуемую доступность данных.

Для изменения рабочего созвездия спутников необходимо создание системы контроля использующих методы первичной обработки информации и методы марковской теории оптимального оценивания случайных процессов. Методы марковской теории оптимального нелинейного оценивания дают возможность успешно решать задачи оптимального комплексирования измерителей в весьма общей постановке [6,7].

Таким образом, изменение рабочего созвездия спутников позволит обеспечить адаптивность системы к изменению условий функционирования навигационных систем ПНО, получить точностные данные удовлетворяющие требованиям и требуемую доступность навигационных данных.

Литература:

1. Иванов, А. В. Автономные системы контроля целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем / А. В. Иванов // Радиотехника. — 2014. — № 7. — с. 55–64.
2. Иванов, А. В. Алгоритмы обработки информации в навигационных системах наземных подвижных объектов с контролем целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем/ А. В. Иванов, Д. В. Комраков, В. О. Сурков// Вопросы современной науки и практики «Университет имени В. И. Вернадского». Спецвыпуск — 2014. — № 52. — с. 53–58.
3. Веремеенко, К. К., Пронькин А. Н., Репников А. В. Алгоритмы структурной перестройки бортовых подсистем интегрированной системы посадки беспилотного летательного аппарата / К. К. Веремеенко, А. Н. Пронькин, А. В. Репников // Труды МАИ, 2011, № 49
4. Abdulin, R. R. et al. Development of automatic navigation management system for small unmanned aerial vehicle // Special Control Systems Magazine. — 2009. — Т. 237. — pp. 10–16.
5. Радионавигационный план Рос. Федерации: утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 сентября 2008 г. № 118: в редакции приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 31 августа 2011 г. № 1177. [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации. — М.: Радио и связь, 1985. — 344 с., Ярлыков М. С. Применение марковской теории нелинейной фильтрации в радиотехнике. — М.: Сов. радио, 1980. — 358 с.
7. Ярлыков, М. С., Моисеенко Ю. Н., Иванов А. В. оптимизация обработки сигналов в комплексных радионавигационных системах определения скорости и дальности // Радиотехника. — 1988, — № 11. — с. 8–15.

## Логическое проектирование 8-канального коммутатора

Сухочев Даниил Александрович, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Коммутатором называется устройство для соединения нескольких узлов или сегментов в вычислительной технике. Данное устройство построено на основе последовательного соединения мультиплексора и демультимплексора.

Мультиплексором называют устройство, имеющее несколько сигнальных входов (D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7), один или более управляющих входов (A2, A1, A0) и один выход (OUT\_MX). Таблица истинности восьмиканального мультиплексора представлена ниже.

Таблица 1. Таблица истинности восьмиканального мультиплексора

A2	A1	A0	OUT_MX
0	0	0	D0
0	0	1	D1







Исходя из таблицы № 2, получены логические функции выходов демультиплексора.

$$OUT_0 = \overline{A_2 + A_1 + A_0 + \overline{D}}$$

$$OUT_1 = \overline{A_2 + A_1 + \overline{A_0} + \overline{D}}$$

$$OUT_2 = \overline{A_2 + \overline{A_1} + A_0 + \overline{D}}$$

$$OUT_3 = \overline{A_2 + \overline{A_1} + \overline{A_0} + \overline{D}}$$

$$OUT_4 = \overline{\overline{A_2} + A_1 + A_0 + \overline{D}}$$

$$OUT_5 = \overline{\overline{A_2} + A_1 + \overline{A_0} + \overline{D}}$$

$$OUT_6 = \overline{\overline{A_2} + \overline{A_1} + A_0 + \overline{D}}$$

$$OUT_7 = \overline{\overline{A_2} + \overline{A_1} + \overline{A_0} + \overline{D}}$$

Логическая схема построенная на основе выше представленных функций представлена на рисунке 2.

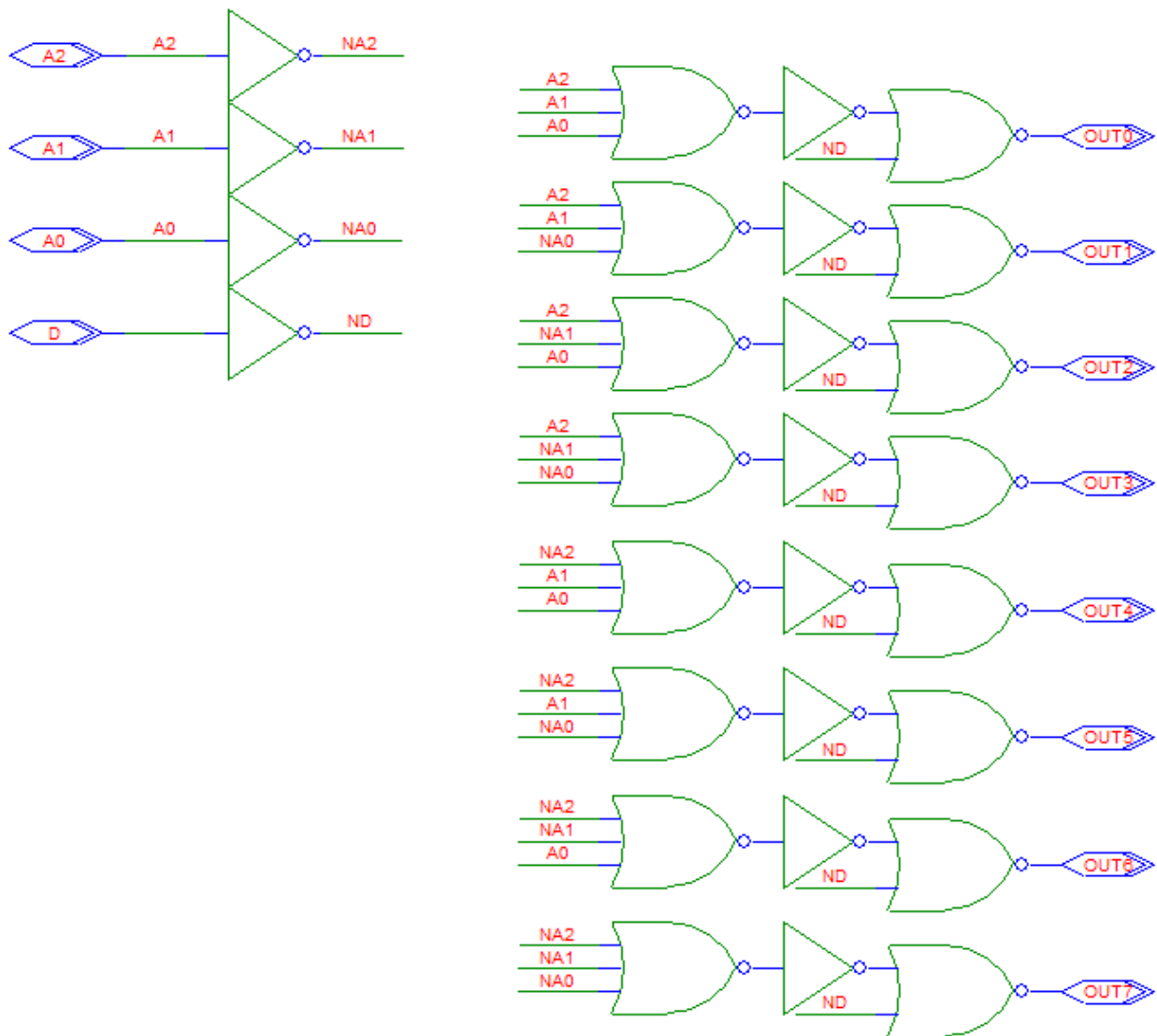


Рис. 2. Логическая схема демультиплексора

Результирующая логическая схема разрабатываемого устройства представлена на рисунке 3.

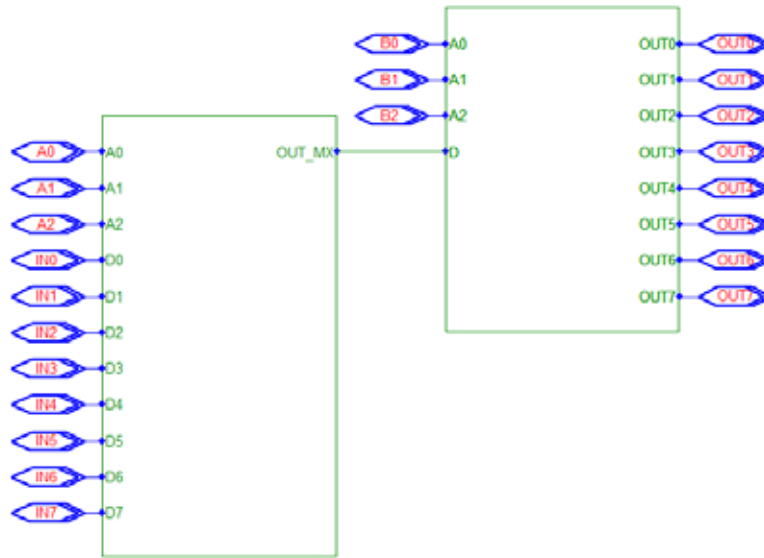


Рис. 3. Логическая схема разрабатываемого устройства

Схема логического моделирования и его результаты представлены на рисунках 4, 5 и 6.



Рис. 4. Схема логического моделирования разрабатываемого устройства

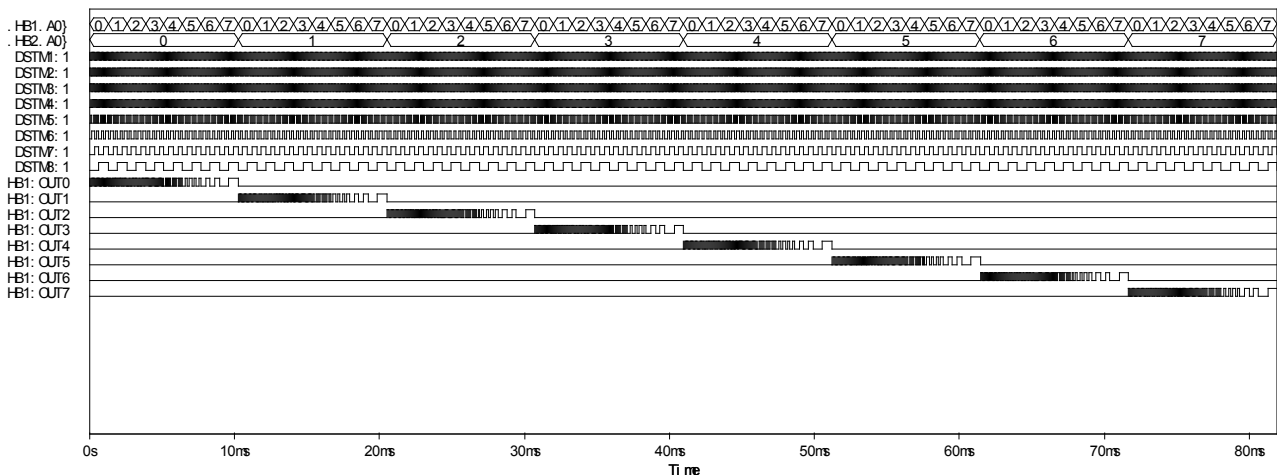


Рис. 5. Результаты логического моделирования разрабатываемого устройства

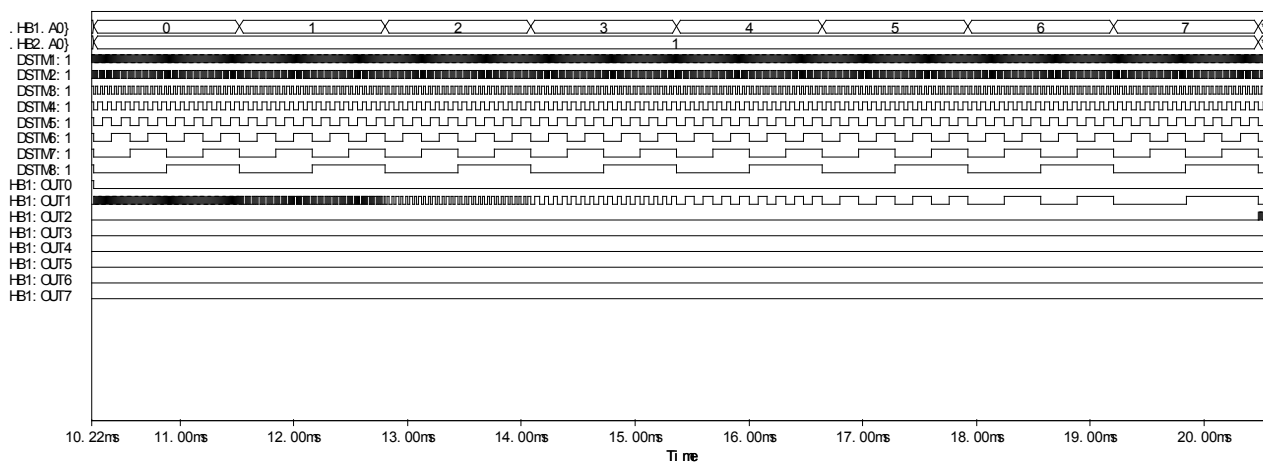


Рис. 6. Результаты логического моделирования разрабатываемого устройства

Максимальный логический путь сигнала  $N_{max}=8$ .  
 Максимальный коэффициент разветвления  $M_{cx}=8$ .

### Алгоритм формирования пакетов данных для передачи по радиоканалу с использованием модифицированного байтстаффинга

Тимофеев Александр Сергеевич, студент;  
 Умысков Артем Вячеславович, студент;  
 Смоленков Артем Владимирович, студент;  
 Блиялкин Павел Андреевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Надежная связь является необходимым элементом значительного числа технических систем. Постоянно совершенствуются каналы связи и средства их образования, а также возникают новые требования к системам обеспечения информацией. На текущий момент можно сказать, что автоматизированные системы, а не человек, передают, принимают и обрабатывают наибольшую часть данных, передаваемых по каналам связи. Информационные системы зачастую работают в пакетном режиме, а аппаратура каналов связи (радиостанции), за счет требований к синхронизации, работает в потоковом режиме. Также каналы связи привносят в данные битовые ошибки, что усложняет восстановление пакетов в исходном виде [1].

При применении радиосредств необходимо учитывать зависимость качества радиосвязи от условий прохождения радиоволн и возможных помех в пункте приема. Шум радиоканала может оказывать значительное влияние на передачу пакетов, так как он вносит в них битовые ошибки. Для борьбы с этим используется помехозащитное кодирование. Однако помехозащитное кодирование пакета повышает нагрузку на приемник или вносит чрезмерную избыточность в передаваемые данные, что особенно важно для мобильных решений в связи с ограниченностью их источ-

ников энергии — аккумуляторов. Также качество канала связи может варьироваться в зависимости от многих факторов, поэтому алгоритм формирования пакетов, который хорошо работает в одних условиях, может оказаться бесполезным в других [2].

Для обеспечения обмена пакетами данных между пакетными сетями с помощью радиостанций необходимо выполнять преобразование пакета перед его отправкой через канал связи, а также восстанавливать его в исходном виде на принимающей стороне. Пакеты формируются в прикладном ПО и подаются радиостанции для непосредственной отправки в канал. Принимающая сторона прослушивает канал, и выделяет из него пакеты.

При передаче данных по радиоканалу неизбежно влияние шума. Восстановление пакета принимающей стороной зависит от того, насколько надежно передается информация о границах пакета. Битовые ошибки могут с некоторой вероятностью инвертировать биты, которые составляют информацию о разбиении пакета.

При неверных данных о границах пакетов приемник может пропустить начало пакета и не получить пакет вовсе, или пропустить его конец, что приведет к переполнению буфера приемника [3].

**Общий алгоритм формирования пакетов**

Пара программных модулей, которые реализуют описываемый алгоритм формирования пакетов встраиваются в пакетную сеть и работают в режимах передачи и приема соответственно. Их разделяет синхронный канал связи, в котором присутствует шум [4]. Это означает, что на передаваемые данные накладываются битовые ошибки. Данное явление можно представить как операцию сложения по модулю 2 последовательности бит, некий процент которой является единицами (зависит от уровня шума), и передаваемых данных. Шум искажает содержимое пакетов, но их предварительная обработка передающим программным модулем позволяет восстановить их исходный вид принимающей стороной. Если по каким-то причинам принять пакет не удастся (например, внезапное ухудшение качества канала или переполнение буфера приемника), то приемник отбрасывает его [5].

В отсутствие передаваемых пакетов канал содержит неопределенные данные. Передающая сторона посылает пакеты в некоторый момент времени. При этом приемник всегда прослушивает канал.

Для наглядности процесс изображен на рисунке 1.

Для различных режимов работы (прием и передача) предусмотрены разные схемы данных и схемы алгоритмов. Основными данными, с которыми работает описываемый алгоритм в режиме передатчика, являются пакеты, подаваемые ему от прикладного ПО. Пакет данных модифицируется с помощью специальных последовательностей — процедура байтстаффинга [6]. Маркер начала и маркер конца являются специальными последовательностями, определяющими границы пакета. После завершения преобразований пакет становится готовым для отправки.

В режиме приемника, происходит работа с потоком данных канала связи. Так как по каналу всегда передаются какие-то данные (шум), то принимающая аппаратура ждет появления маркера начала пакета. Отсюда данные обрабатываются — выполняется процедура обратная

байтстаффингу. Определение маркера конца определяет завершение данного процесса и выходные данные — восстановленные пакеты.

Алгоритм работы в режиме передачи может быть описан следующим образом. Пакет, подготовленный прикладным ПО для отправки, подготавливается для преобразования. Далее выполняется процедура байтстаффинга. Она заключается в замене зарезервированных символов в теле пакета на специальную последовательность, не содержащую данных символов. Для этого выполняется цикл по смещению от нуля до длины пакета, в ходе которого обычные символы пропускаются, а специальные подвергаются замене. Только к этим специальным последовательностям применяется помехозащитное кодирование (код Хэмминга). После того, как был пройден весь пакет, в его начало и конец добавляются специальные последовательности, которые обозначают его границы для приемника.

Схема алгоритма работы в режиме передатчика представлена на рисунке 2.

При работе в режиме приема, реализуемый алгоритм должен восстановить пакет, который был преобразован передатчиком и отправлен через канал связи, в его исходном виде. Для этого так же, как и в случае с отправкой, происходит цикл по смещению от нуля до длины пакета. В случае встречи зарезервированного символа (маркера) приемник должен определить специальную последовательность, следующую за этим маркером, и заменить ее соответствующими ей данными (предварительно декодировав помехозащитный код). В конце возвращается восстановленный пакет.

Схема алгоритма работы в режиме приемника представлена на рисунке 3.

**Структура преобразованного пакета**

Главной целью при передаче данных по каналу связи является надежная доставка пакета от передающей стороны к принимающей стороне. Для этого передатчику необходимо правильно указать приемнику длину пакета, иначе приемник не сможет определить в какой момент

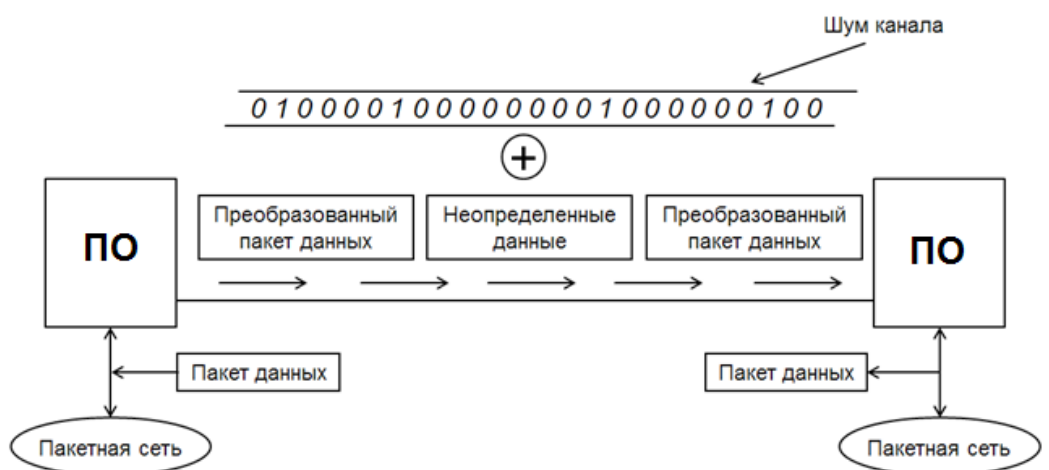


Рис. 1. Передача пакетных данных по каналу связи



Рис. 2. Алгоритм работы в режиме передатчика

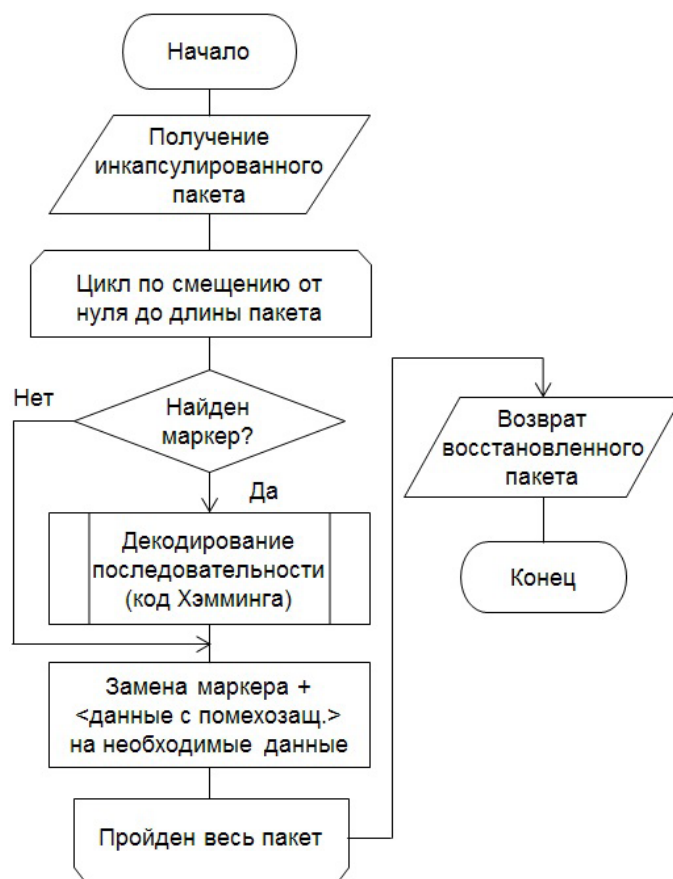


Рис. 3. Алгоритм работы в режиме приемника



Рис. 4. Структура преобразованного пакета

времени нужно прекратить считывать данные из канала связи, что приведет к переполнению буфера приемника и ошибке извлечения пакета из потока данных.

Перед отправкой данных в синхронный канал связи преобразуется пакет, полученный от прикладного ПО. Для обозначения границ пакета выделяется специальный символ. Его длина в битах может варьироваться в зависимости от качества канала. Для удобства данный символ можно называть маркером. За маркером следует специальная последовательность, которая интерпретируется приемником. К данной последовательности применяется помехозащитное кодирование (код Хэмминга).

Всего специальных последовательностей 39 (с учетом длины маркера равной 8 битам). Две из них отводятся на обозначение конца и начала пакета соответственно (H, K). Остальные 37 получаются в результате байтстаффинга данных передаваемого пакета согласно следующей логике.

Одна последовательность отводится на обозначение самого символа маркера. Но при передаче пакета через канал данные могут повредиться битовыми ошибками. Поэтому формируются последовательности, обозначающие маркер, искаженный одной и двумя битовыми ошибками.

Возможных вариантов искажения маркера одной битовой ошибкой — 8, двумя — 26. Итого получается (формула (1)):

$$2 + 1 + 8 + C_8^2 = 39 \quad (1)$$

Пакет обрамляется комбинациями маркера и последовательностей начала и конца. Все вхождения символа

маркера и его окрестности в 2 битовые ошибки заменяются комбинацией маркера и специальной последовательности.

Структура пакета представлена на рисунке 4.

В случае плохого качества канала, даже с использованием данной техники обработки пакета, вероятность восстановления пакета после его передачи через канал связи может падать ниже требуемой (0,95). В таком случае можно увеличить размер маркера до 16 бит, тем самым уменьшив влияние битовых ошибок на искажение маркера пакета, что приведет к увеличению вероятности их распознавания принимающей стороной.

Тогда специальных последовательностей будет не 39, а 139, что получается из формулы (2).

$$2 + 1 + 16 + C_{16}^2 = 139 \quad (2)$$

Таким образом, данный алгоритм позволяет обеспечить надежную доставку пакетов по радиоканалу. При этом используется модифицированный байтстаффинг, который позволяет уменьшить нагрузку на буфер приемника путем применения помехозащитного кодирования только к некоторым частям пакета, содержащим информацию о его границах. Описанный алгоритм отличается от аналогичных тем, что он позволяет обеспечить надежную доставку пакетов даже при наличии шума в радиоканале. Возможность изменить размер маркера добавляет возможность адаптации к качеству канала, что особо важно в условиях плохой связи.

#### Литература:

1. От телеграфа до «военного интернета». [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://opkrt.ru/index.php/news/339-ot-telegrafa-do-voennogo-interneta/>
2. Военная техника связи. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://elektronika-muk.ru/konspekt/voennaja-tehnika-svjazi.html/>
3. Прокис Джон. Цифровая связь. Пер. с англ. / Под ред. Д. Д. Кловского. — М.: Радио и связь. 2000. — 800 с.
4. Интерфейсы. Синхронизация. Синхронные, асинхронные. Побитная, покадровая синхронизация. Форматы кадров. Битстаффинг, байтстаффинг. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://studopedia.org/9-31760.html/>
5. Асинхронная и синхронная передачи. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://supervideoman.narod.ru/4\\_4.htm/](http://supervideoman.narod.ru/4_4.htm/)
6. Bit Stuffing and Byte Stuffing. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://girdhargopalbansal.blogspot.ru/2013/01/bit-stuffing-and-byte-stuffing.html/>



## Рекомендации по внедрению систем предотвращения утечек конфиденциальной информации (DLP-систем) в информационные системы предприятий

Умысков Артем Вячеславович, студент;

Тимофеев Александр Сергеевич, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Внедрение DLP систем — это очень сложная и трудоемкая задача, которая требует комплексного подхода и соответствующего опыта. С первого взгляда может показаться, что с данной задачей могут легко справиться и штатные инженеры по защите информации: действительно, устанавливая ПО под силу любому системному администратору. Но все-таки установка — это лишь верхушка айсберга, важнейшая же работа в процессе внедрения — определение информации, которую необходимо защищать, формирование политик, настройка внедряемой системы под определенные задачи информационной безопасности предприятия — требует и широких компетенций в разнообразных вопросах защиты информации, и глубоких знаний продуктов. [1].

Прежде чем выбрать DLP-систему для организации нужно продумать ряд вопросов.

Какую функцию она должна выполнять. Возможно, это будет только контроль передвижения конфиденциальной информации. А может быть еще и контроль действий сотрудников в рабочее время.

На каком уровне планируется выполнять мониторинг: на уровне шлюзов (сетевой) или рабочие станции (клиентский). Также стоит рассмотреть комплексное решения. Хостовые DLP-системы функциональнее в использовании, отличаются относительной дешевизной, но при этом имеют ряд недостатков: масштабируемость, низкая производительность и отказоустойчивость. Данные решения больше подойдут для мелких и средних предприятий. Сетевые технологии DLP-систем подобных недостатков не имеют, они довольно легко масштабируются и интегрируются со сторонними продуктами других вендоров.

Потенциальная возможность интеграции представляют собой весьма важный аспект при выборе системы. Если в организации уже используются продукты какой-либо компании, то и DLP-система должна поддерживать возможность интеграции с ней. Кроме того, функционирующие системы документооборота, базы данных и другое программное обеспечение для корректной работы также обязаны быть совместимы с DLP-системой.

Ещё одним важным аспектом является контроль каналов передачи информации. Нужно решить, поддержка каких сетевых протоколов требуется (электронная почта, IP-телефония, мессенджеры, HTTP и т. д.), необходимо ли контролировать беспроводную передачу данных (Wi-Fi Bluetooth). Некоторые технологии предотвращения утечек конфиденциальной информации поддерживают контроль мобильных устройств, поэтому стоит решить, необходима

ли эта функция в данном случае. Также важен контроль локальных каналов (использование съемных носителей информации, печать на локальных и сетевых принтерах и т. д.) [2].

Аналитические возможности DLP-системы имеет большое значение. В настоящее время функциональность технологий предотвращения утечек в этом плане очень широка. Актуальные решения, представленные на рынке, позволяют совершать морфологический и лингвистический анализ, поиск по атрибутам файлов, по словарям и т. д. Они способны противостоять попыткам маскировки текста при помощи замены символов или стенографии, могут извлекать текст из пересылаемых сообщений и многое другое. Список функциональных возможностей нынешних DLP-систем почти одинаков. Важно, чтобы процесс поиска и анализа данных был автоматизированным и удобным.

И, конечно же, необходимо обратить внимание на наличие требуемых для компании лицензий и сертификатов, а также соответствия техническим требованиям предъявляемым к серверной и клиентской части.

Перед внедрением выбранной системы предотвращения утечек конфиденциальной информации надо составить перечень конфиденциальных данных, перечень рабочих мест, списки пользователей с установленными правами. Также нужно определить круг лиц, которым будут приходить оповещения о свершившихся инцидентах [3].

Весь процесс внедрения можно разделить на четыре больших этапа. Далее рассмотрим действия, которые нужно выполнить на каждом из них для успешного внедрения системы предотвращения утечки конфиденциальной информации.

### Планирование работ и развертывание тестовых частей DLP-системы в ограниченном объеме

В рамках данных работ проводится планирование и организация установки ограниченного количества клиентских частей на площадке заказчика. Установку нужно произвести на ПК с различными наборами ОС и ПО, которые используются в организации.

Работы проводятся до начала закупки серверного оборудования и программных продуктов с целью отработки технологии тиражирования клиентских частей в масштабе организации.

Подготавливается дистрибутив установки клиентских частей (заращиваются актуальные версии у вендоров, создаются загрузочные флешки/диски). Проводится установка тестовых клиентских частей на выделенных АРМ

### Сбор данных необходимых для проведения работ

В рамках данной работы производится сбор идентификационных данных, необходимых для дальнейшего проведения работ. В состав ИД входят:

- сведения по размещению оборудования, его подключению к сети электропитания и сети передачи данных в серверных помещениях на объектах;
- сведения по интеграции DLP-системы с корпоративной почтовой системой, прокси-сервером доступа в сеть Интернет, Active Directory и сетевым оборудованием (в части SPAN);
- сведения по организации межсетевого взаимодействия между компонентами DLP-системы;
- данные, необходимые для подготовки специализированного классификатора (базы контентной фильтрации — БКФ), подготовки описания и структуры классификатора, настройки политик и правил реакции системы при перехвате различного рода информации (на основании структуры БКФ);
- данные по АРМ, на которые будет производиться установка агента DLP-системы (актуальная, исчерпывающая информация по АРМ, позволяющая однозначно идентифицировать все станции).

В состав исходных данных по АРМ должны входить:

- сетевое имя и IP-адрес АРМ;
- объект размещения АРМ;
- наименование и версия операционной системы (с указанием ServicePack);
- учетная запись пользователя и пароль с правами локального администратора на данном АРМ.

### Разработка Плана пусконаладочных работ (ППР)

ППР представляет собой документ, содержащий:

- перечень лиц, выполняющих работы;
- перечень объектов, на которых выполняются работы;
- перечень и характеристики АРМ, на которых будет устанавливаться DLP-система;
- состав планируемых работ на объекте;
- требования и условия проведения работ;
- сроки проведения работ.

### Развертывание DLP-системы в полном объеме

В рамках данных работ проводится развертывание серверных и клиентских компонент DLP-системы в объеме полнофункциональной системы.

Проводятся следующие работы:

- подключение серверного оборудования DLP-системы к сети электропитания объекта;
- подключение серверного оборудования DLP-системы к сетевой инфраструктуре объекта;
- Установка и настройка серверной части DLP-системы;
- настройка взаимодействия компонент DLP-системы;
- настройка интеграции со SPAN-портом коммутатора;
- настройка интеграции с почтовым сервером;
- настройка интеграции с прокси-сервером;
- настройка интеграции с Active Directory;

— настройка БКФ;

— настройка правил и политик реакции системы.

Установка клиентских компонентов на АРМ.

Установка модуля для контроля информации в общедоступных сетевых хранилищах.

Полная настройка системы выполняется согласно «Руководству администратора» специалистом прошедшим обучение. Ниже представлено описание настроек, которые необходимо выполнить при внедрении.

### Корпоративная почтовая система

Для осуществления мониторинга исходящего SMTP-трафика на серверах корпоративной почтовой системы, исходящие письма необходимо дублировать посредством скрытой копии на сервер DLP-системы.

Для создания скрытых копий исходящих сообщений, необходимо создать и настроить коннектор, который будет пересылать почту на сервер DLP-системы.

Создание и настройка коннектора состоит из трех шагов:

1. Создание SMTP-коннектора, который будет пересылать почту на сервер.

При создании SMTP-коннектора коннектора указывается адресное пространство, в рамках которого работает данный коннектор, и адрес сервера, на который необходимо пересылать все скрытые копии исходящих сообщений.

2. Создание контакта, на который будет производиться перенаправление копий почтовых сообщений.

На данном шаге указывается почтовый контакт, на который будут пересылаться все скрытые копии исходящих сообщений. При этом домен почтового адреса контакта должен совпадать с доменом коннектора.

3. Создание транспортного правила для копирования писем.

В создаваемом правиле должно быть прописано, что скрытые копии создаются для всех внутренних и внешних пользователей организации (опция «from users inside or outside the organization»). При необходимости в транспортном правиле можно настроить ограничения, например, чтобы исходящие письма с определенных e-mail адресов или пула IP-адресов не сопровождалась формированием скрытой копии исходящего сообщения.

В результате вышеописанных действий, почтовый сервер при получении сообщения от пользователя, проверяет, попадает ли данный пользователь под ограничения, установленные в транспортном правиле, прописанном на почтовом сервере.

### Корпоративный прокси-сервер

Для осуществления мониторинга исходящих HTTP-запросов пользователей Интернет-сегмента в сеть Интернет необходимо, чтобы корпоративный прокси-сервер поддерживал ICAP-протокол и был настроен на работу с DLP-системой.

Для осуществления мониторинга исходящих HTTPS-запросов пользователей Интернет-сегмента в сеть Интернет необходимо, чтобы прокси-сервер поддерживал инспекцию SSL-трафика. Так же необходимо,

чтобы на прокси-сервере был установлен цифровой сертификат с определенными параметрами.

#### **Сетевое оборудование**

Для осуществления контроля незашифрованного ICQ-трафика (протокол OSCAR) пользователей, трафик, направленный от пользователей Интернет-сегмента в сеть Интернет, должен дублироваться посредством SPAN-порта на коммутаторе, настроенного на передачу трафика на сервер.

#### **Microsoft Active Directory**

Для осуществления возможности получения актуальной информации о рабочих станциях и сотрудниках необходимо предоставить доступ с серверов DLP-систем к серверу Active Directory по протоколу LDAP.

#### **Поставка лицензий на программные продукты**

В рамках выполнения работ должна быть осуществлена поставка лицензий на ПП, необходимые для развертывания DLP-системы в объеме полнофункциональной системы. Количество лицензий, необходимых для развертывания в полном объеме определяется до начала поставки на основе фактического количества устанавливаемых клиентских.

#### **Опытная эксплуатация DLP-системы и приемочные испытания**

В рамках выполнения работ по участию в опытной эксплуатации DLP-системы и проведении приемочных испытаний в полном объеме, исполнитель выполняет следующие работы:

- обрабатывает замечания, полученные в рамках предварительных испытаний (при необходимости);
- проводит анализ функционирования DLP-системы, на основании заполненного Заказчиком журнала ОЭ с зафиксированными выявленными проблемами;
- выполняет отладку работы политик и правил реакции системы на перехваченные объекты;
- выполняет работы по отладке БКФ;
- участвует в проведении приемочных испытаний.

Испытания проводятся согласно утвержденному документу «Программа и методика испытаний». В приемочных испытаниях принимают участие представители исполнителя и заказчика.

Внедрение и настройка системы DLP в опытную эксплуатацию первоначально лучше всего сделать в режиме мониторинга. Когда система DLP работает в режиме мониторинга, то количество ложных срабатываний в силу отсутствия адаптации политик может насчитывать тысячи. Постепенно применяемые политики безопасности настраиваются в соответствии с реальными потребностями и возможностями организации таким образом, чтобы уже в режиме уведомления, а в дальнейшем и блокировки, количество ложных срабатываний не было «зашкаливающим» и система реагировала только на конфиденциальную информацию.

После запуска в промышленную эксплуатацию следует регулярно проводить анализ инцидентов и совершенствовать политику настройки DLP.

Литература:

1. Грибунин, В.Г. Комплексная система защиты информации на предприятии. — М.: Академия, 2009. — 415 с.
2. Черно книжный, Г.М. Защита конфиденциальной информации в корпоративной сети от утечек. // Научные труды SWorld. — 2013. — № 4. с. 23–27.
3. Ковалев, А. Как выбрать DLP-систему? // Защита информации. Инсайд. — 2012. — № 2. с. 75–77.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
Выходит два раза в месяц

№ 13 (117) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметов И. Г.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Каленский А. В.  
Куташов В. А.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Абдрасилов Т. К.  
Авдеюк О. А.  
Айдаров О. Т.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Жураев Х. О.  
Игнатова М. А.  
Калдыбай К. К.  
Кенесов А. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кузьмина В. М.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Матвиенко Е. В.  
Матроскина Т. В.  
Матусевич М. С.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Паридинова Б. Ж.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенцов А. Э.  
Сениюшкин Н. С.  
Титова Е. И.  
Ткаченко И. Г.

Фозилов С. Ф.

Яхина А. С.

Ячинова С. Н.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Ахмеденов К. М. (Казахстан)  
Бидова Б. Б. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Демидов А. А. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)  
Игисинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Каленский А. В. (Россия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Колпак Е. П. (Россия)  
Куташов В. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Г. А.

**Ответственные редакторы:** Осянина Е. И., Вейса Л. Н.

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я., Голубцов М. В., Майер О. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

**почтовый:** 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

**фактический:** 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 27.07.2016. Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый», 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, 25