

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

# УЧЁНЫЙ

научный журнал

Portfolio Theory and Capital Markets

Investments

Fifth edition

William F. Sharpe  
Stanford University

John J. Alexander  
University of Minnesota

Gary V. Bailey  
Richards & Tierny Inc

Economics of Computers

Plentiful Dividend Growth  
(S&P 500)  
International Inc.

$$S = \frac{E[R - R_f]}{\sigma} = \frac{E[R - R_f]}{\sqrt{\text{Var}[R - R_f]}}$$

20  
2015  
Часть I

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 20 (100) / 2015

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

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 Хусниддин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

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

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

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

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>.

**Учредитель и издатель:** ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

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



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».

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

**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)*

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, *кандидат 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)*

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

**Верстка:** Голубцов Максим Владимирович

На обложке изображен Уильям Форсайт Шарп (род. 1934) — американский экономист, лауреат Нобелевской премии 1990 г.

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.

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Имомов А. И., Эргашев Б. С.**  
Оценки явных формул многомерной интерполяции в зависимости от класса функций ..... 1

### ФИЗИКА

- Емельянов А. А., Бесклеткин В. В., Авдеев А. С., Чернов М. В., Киряков Г. А., Габзалилов Э. Ф.**  
Моделирование системы АИН ШИМ — асинхронный двигатель с переменными  $\psi_r - I_s$  в неподвижной системе координат  $\alpha\beta$ ..... 5
- Иванова О. М., Попов С. В., Валуйский Д. Э.**  
Оценка потенциала работы малой группы при обучении физике .....16

### ХИМИЯ

- Вишневская А. Ю., Раздьяконова Г. И.**  
Селективная функционализация технического углерода активными формами кислорода .....19

### ИНФОРМАТИКА

- Ковалёв А. И.**  
Внедрение информационно-технологических сред в образовательную среду .....22
- Султанова Б. К., Мухашева Г. С.**  
Автоматизированная деятельность отдела кадров.....24

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Багутдинов Р. А.**  
Задача определения распределения электрического поля и концентрации в изотропной проводящей среде .....28
- Виноградов В. Ю., Сайфуллин А. А., Виноградова Н. В., Гибадуллин Р. З.**  
Роль бережливого производства в современном мире.....30

- Гордеева А. В.**  
Оптимальный метод скрепления нетканых материалов для медицинских изделий .....31
- Даровских И. А., Зубарев П. А., Лахно А. В.**  
Основы получения пенополиуретанов на ароматическом полиэфире .....35
- Мастепаненко М. А., Габриелян Ш. Ж., Воротников И. Н., Вахтина Е. А., Шунина А. А., Савельева Е. В., Козьмина И. С.**  
Разработка устройства и метода диагностики силового электроэнергетического оборудования.....37
- Михайлова А. Е., Дошина А. Д.**  
3D принтер — технология будущего .....40
- Мокроусов В. И.**  
Прочность стальных труб при дефекте внешней фаски продольного сварного шва.....44
- Нариков К. А., Жанторе А. У.**  
Исследование свойств стеновой керамики с использованием механоактивированной композиционной добавки .....49
- Николаева Л. А., Исхакова Р. Я.**  
Энергоресурсосберегающая технология вторичного использования отходов теплоэнергетического комплекса .....51
- Омаров К. А., Булатов Н. К., Ерманов Б. Б., Шарив Т., Смаханова А. Е.**  
Параметры моделирования процессов эксплуатации и установления величины упреждающего допуска тормозных систем .....55
- Павлова А. И.**  
Использование альтернативных источников энергии для освещения опасных участков автомобильных дорог .....58
- Папкин Б. А., Иванов Д. А., Коротков В. С.**  
Определение технических характеристик термоэлектрического радиатора .....61

**Парфёнов Л. В.**

Комплексный стенд для проведения автономных ресурсных испытаний свечей зажигания авиационных газотурбинных двигателей.....67

**Ролич М. Л.**

Методы обнаружения первичных пользователей в когнитивных радиосетях.....70

**Сайфуллин А. А., Виноградова Н. В.**

Безопасность при эксплуатации газотурбинных установок в газоперекачивающих аппаратах насосных станций .....73

**Сельницын А. С.**

Мониторинг отклонения напряжения и частоты для определения качества электрической энергии .....76

**Султанова Б. К., Макина Г. У., Нурпейсова А. У.**

Особенности использования корпоративной информационной системы.....79

**Султанова Б. К., Нурпейсова А. У., Макина Г. У.**

Информационные процессы в системах управления бизнес-процессами предприятия .... 82

**Тормашев Д. С.**

К вопросу организации экономии топлива в СЭУ, основанной на термодинамических принципах сохранения энергии .....84

**Шинкин В. Н.**

Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы .....88



# МАТЕМАТИКА

## Оценки явных формул многомерной интерполяции в зависимости от класса функций

Имомов Адаш Имомович, кандидат физико-математических наук, доцент;  
 Эргашев Баходир Саматович, старший преподаватель  
 Наманганский государственный университет (Узбекистан)

*В статье рассматриваются явные формулы многомерной хаотической интерполяции функций многих переменных. Для них приводятся оценки остаточных членов в зависимости от класса интерполируемых функций.*

**Ключевые слова:** многомерная хаотическая интерполяция, оценки остаточных членов, зависимость остаточного члена от класса функций.

*In the article, we consider interpolation formulas of many variable's and discussing estimate of remainder for class of functions.*

Задача интерполяции является одной из основных задач численных методов. С её помощью решаются задачи приближённого аналитического представления, дифференцирования, интегрирования таблично заданных функций или функций со сложным аналитическим представлением. В настоящее время она применяется в проектировании самолётов, кораблей, деталей сложной формы, в компьютерной графике.

Задача интерполяции для функций многих переменных ставится так. В области  $D \in R^m$ ,  $m$ -мерного евклидова пространства  $R^m$ , заданы точки (узлы) интерполяции  $x_i = (x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^m), i = 0, \dots, n$ , и значения некоторой функции  $y = f(x)$ ,

$$y_i = f(x_i), i = 0, \dots, n. \tag{1}$$

Требуется найти интерполяционную функцию,  $I_n(f, x)$  такую, что выполнялись условия интерполяции (совпадения значений в узлах интерполяции):

$$I_n(f, x_i) = f(x_i), i = 0, 1, \dots, n. \tag{2}$$

До 1960 годов в основном рассматривалась задача интерполяции функции от одной переменной. Интерполяционная формула строилась в виде линейной комбинации чебышевской системы функций, т. е. в виде

$$I_n(x) = \sum_{i=0}^n c_i \varphi_i(x), \tag{3}$$

для которой, задача (2) для любых множества точек интерполяции разрешима однозначно.

Самыми известными формулами интерполяции являются формулы Ньютона, Лагранжа, Гаусса, Эрмита, Стирлинга, Бесселя, Эверетта, Тиле. Приведем интерполяционные формулы Ньютона и Лагранжа вместе с остаточным членом:

$$N_n(x) = f(x_0) + \sum_{i=1}^n f[x_0, \dots, x_k](x - x_0) \dots (x - x_{k-1}), \tag{4}$$

$$L_n(x) = \sum_{i=0}^n f(x_i) \varphi_i(x), \varphi_i(x) = \prod_{j=0, j \neq i}^n (x - x_j) / (x_i - x_j), L_n(x) \equiv N_n(x), \tag{5}$$

$$R_n(x) = f(x) - L_n(x) = \prod_{j=0}^n (x - x_j) f[x_0, \dots, x_n, x] = \prod_{j=0}^n (x - x_j) f^{(n+1)}(\xi) / (n+1)!, \xi \in D. \tag{6}$$

Здесь  $f[x_0, \dots, x_k] = (f[x_0, \dots, x_{k-2}, x_k] - f[x_0, \dots, x_{k-1}]) / (x_k - x_{k-1})$  — разделённые разности.

Мы рассмотрим обобщения одномерных формул интерполяции Ньютона и Лагранжа. Введём обобщённые интерполяционные формулы Ньютона и Лагранжа [1]:

$$N_n(x) = f(x_0) + \sum_{i=1}^n f[x_0, \dots, x_k] |x - x_0|^\alpha \dots |x - x_{k-1}|^\alpha, \tag{7}$$

$$L_n(x) = \sum_{i=0}^n f(x_i) \varphi_i(x), \varphi_i(x) = \prod_{j \neq i} |x - x_j|^\alpha |x_i - x_j|^{-\alpha}, \tag{8}$$

где  $|x| = \sqrt{[x^{(1)}]^2 + \dots + [x^{(m)}]^2}$  - норма в  $R^m$ . Вводим обобщённую разделённую разность:

$$f[x_0, \dots, x_k] = (f[x_0, \dots, x_{k-2}, x_k] - f[x_0, \dots, x_{k-1}]) / |x_k - x_{k-1}|^\alpha, \alpha > 0. \tag{9}$$

Для обобщённой интерполяционной формулы Ньютона известен вид остаточного члена [1]

$$R_n(x) = f(x) - I_n(x) = \prod_{j=0}^n |x - x_j|^\alpha f[x_0, \dots, x_n, x]. \tag{10}$$

В статье для интерполяционных формул (4),(5), (7),(8) определяются остаточные члены, в зависимости от класса  $C^k[a, b], C^k[D], [a, b] \subset R, D \subset R^m$  интерполируемых функций  $f(x)$ .

Из формулы (8) найдём следующую интерполяционную формулу. Достаточно, чтобы было  $\varphi_i(x_i) = 1, \varphi_i(x_j) = 0, j \neq i$ . Для этого, отбросим числовой знаменатель, и принимаем

$$\varphi_i(x) = \frac{\prod_{j \neq i} d_j^\alpha}{\sum_{i=0}^n \prod_{j \neq i} d_j^\alpha} = \frac{d_i^{-\alpha} (\prod_{j=0}^n d_j^\alpha)}{\sum_{i=0}^n d_i^{-\alpha} (\prod_{j=0}^n d_j^\alpha)} = \frac{d_i^{-\alpha}}{\sum_{i=0}^n d_i^{-\alpha}}, d_i = |x - x_i|.$$

Так появляется интерполяционная формула Шепарда:

$$S_n(x) = \sum_{i=0}^n f(x_i) \varphi_i(x), \varphi_i(x) = (d_i^{-\alpha}) / (\sum_{i=0}^n d_i^{-\alpha}).$$

## 2. Оценки остаточных членов одномерной полиномиальной интерполяции

Введём обозначения:  $a = x_0 < x_1 < \dots < x_n = b$ ,  $h_i = x_{i+1} - x_i$ ,  $h = \max h_i$ ,

$$\omega_n(x) = (x - x_0) \dots (x - x_n), \omega_{r,i}(x) = (x - x_i) \dots (x - x_{i+r}), \xi_i = \xi_i(x) = x_i + c_i(x - x_i), 0 < c_i < 1,$$

$$\Omega_n^{(r)} = f^{(r)}(\xi_0) \dots f^{(r)}(\xi_n), 1 \leq r \leq n+1, \Omega_i^{(r)} = f^{(r)}(\xi_i) \dots f^{(r)}(\xi_{i+r}), M_{r+1} = \sup_x |f^{(r+1)}(x)|.$$

Тогда ясно, что справедливы оценки  $|\omega_n(x)| \leq h^{n+1}, |\Omega_n^{(r+1)}| \leq M_{r+1}^{n+1}, |\Omega_r^{(r+1)}| \leq M_{r+1}^{r+1}$ .

Докажем простую лемму, упрощающую понимание основной теоремы.

**Лемма 1.** Пусть  $f(x) \in C^1[a, b], f(x_i) = 0, i = 0..n$ . Тогда справедливы оценки

$$|f(x)| = |\omega_n(x)|^{1/(n+1)} |\Omega_n^{(1)}|^{1/(n+1)}, |f(x)| \leq M_1 h^1.$$

Доказательство. Имеем

$$f(x) = f(x_i) + (x - x_i) f'(\xi_i(x)) = (x - x_i) f'(\xi_i(x)), i = 0..n.$$

Перемножаем все эти равенства, переходим к модулю и извлекаем  $n+1$ -корень. В результате получаем утверждение. Аналогично, получаем следующее утверждение.

**Теорема 1.** Пусть  $f(x) \in C^{r+1}[a, b], 0 \leq r \leq n, f(x_i) = 0, i = 0..n$ . Тогда справедливы формула и оценка

$$|f(x)| = \frac{1}{(r+1)!} |\omega_n(x)|^{(r+1)/(n+1)} |\Omega_n^{(r+1)}|^{1/(n+1)}, |f(x)| \leq \frac{1}{(r+1)!} M_{r+1} h^{r+1}. \tag{11}$$

Доказательство. По формуле (6) находим, что для любых последовательности узлов

$$x_i, \dots, x_{i+r} (x_n = x_i, x_{n+1} = x_{i+1}, \dots, x_{n+r} = x_{i+r})$$
 справедлива формула

$$f(x) = (1/(r+1)!) [\omega_{i,r}(x)] [f^{(r+1)}(\xi_i)].$$

Перемножим эти формулы по  $i = 0..n$ , переходим к модулю и получаем, что

$$[|f(x)|]^{n+1} = (1/(r+1)!)^{n+1} [|\omega_n(x)|]^{r+1} [|\Omega_n^{r+1}|]^{n+1}.$$



Теперь извлекаем корень и имеем

$$|f(x)| = (1/(r+1)!) |\omega_n(x)|^{(r+1)/(n+1)} |\Omega_n^{(r+1)}|.$$

Используя неравенство  $|\Omega_n^{(r+1)}| \leq M_{r+1}^{n+1}$  находим основное неравенство теоремы:

$$|f(x)| \leq (1/(r+1)!) M_{r+1} h^{r+1}.$$

### 3. Представление для разделённых разностей

Для разделённых разностей (9) при  $\alpha = 1$  получим одно важное соотношение.

**Лемма 2.** Пусть  $f(x) \in C^k[D], k \geq 1, \alpha = 1$ . Тогда существуют точки  $\xi_i = x_i + c_i(x - x_i)$ , и направления  $e_1, \dots, e_n$  такие, что справедливо представление для разделённых разностей

$$f[x_0, \dots, x_k] = D_{e_k} \dots D_{e_1} f(\xi_k) = f^{(k)}(\xi_k) e_1 \dots e_k$$

Здесь последнее равенство означает связь производной Гаю и Фреше [3].

Доказательство. Применим метод индукции. Шаг  $k=1, 2$ . По определению имеем

$$f[x_0, x_1] = (f(x_1) - f(x_0)) / |x_1 - x_0| = (f'(\xi_1), x_1 - x_0) / |x_1 - x_0| = D_{e_1} f(\xi_1),$$

$$f[x_0, x_1, x_2] = (f[x_0, x_2] - f[x_0, x_1]) / |x_2 - x_1| = D_{e_2} f[x_0, \bar{\xi}_2] = D_{e_2} D_{e_1} f(\xi_2).$$

Шаг  $k-1$ -й. Пусть теперь  $f[x_0, \dots, x_{k-1}] = D_{e_{k-1}} \dots D_{e_1} f(\xi_{k-1})$ . Шаг  $k$ -й. Имеем

$$f[x_0, \dots, x_k] = \frac{f[x_0, \dots, x_{k-2}, x_k] - f[x_0, \dots, x_{k-1}]}{|x_k - x_{k-1}|} = D_{e_k} f[x_0, \dots, x_{k-2}, \bar{\xi}_{k-1}] = D_{e_k} \dots D_{e_1} f(\xi_k)$$

### 4. Оценки многомерной явной интерполяции

Множество узлов (сетку) обозначим через  $\Delta = \{x_i\}$ . Далее введём обозначения:

$$h = \sup_{x \in D} \inf_{a \in \Delta} |x - a|, \omega_n(x) = |x - x_0| \dots |x - x_n|, \omega_{i,r}(x) = |x - x_i| \dots |x - x_{i+r}|,$$

$$\Omega_n^{(1)} = \prod_{j=0}^n D_{e_j} f(\xi_j), \Omega_n^{(r+1)} = \prod_{j=0}^n D_{e_j \dots e_{j+r}} f(\xi_{j+r}), \Omega_i^{(r+1)} = D_{e_i \dots e_{i+r}} f(\xi_{i+r}).$$

Тогда ясно, что  $|\omega_n(x)| \leq h^{r+1}, |\Omega_n^{(1)}| \leq M_1^{n+1}, |\Omega_n^{(r+1)}| \leq M_{r+1}^{r+1}$ .

**Лемма 3.** Пусть  $f(x) \in C^1[D], f(x_i) = 0, i = 0..n$ . Тогда справедлива оценка

$$|f(x)| = [\omega_n(x)]^{1/(n+1)} |\Omega_n^{(1)}|^{1/(n+1)}, |f(x)| \leq M_1 h^1, M_1 = \sup_{x \in D} \|f^{(1)}(x)\|.$$

Доказательство аналогично доказательству леммы 1. Имеем

$$f(x) = f(x_i) + (f'(\xi_i(x)), (x - x_i)) = |x - x_i| D_{e_i} f(\xi_i(x)), i = 0..n.$$

Перемножаем все эти равенства, переходим к модулю и извлекаем  $n+1$ -корень. В результате получаем утверждение. Аналогично, получаем следующее утверждение.

**Теорема 2.** Если  $f(x) \in C^{r+1}[D], 0 \leq r \leq n, f(x_i) = 0, i = 0..n$ , то справедлива оценка

$$|f(x)| = [\omega_n(x)]^{(r+1)/(n+1)} |\Omega_n^{(r+1)}|^{1/(n+1)}, |f(x)| \leq M_{r+1} h^{r+1}, M_{r+1} = \sup_{x \in D} \|f^{(r+1)}(x)\| \tag{12}$$

Доказательство. По формуле (10) для любых последовательности узлов

$x_i, \dots, x_{i+r} (x_n = x_i, x_{n+1} = x_{i+1}, \dots, x_{n+r} = x_{i+r})$  справедлива формула

$$[f(x)] = [\omega_{i,r}(x)] [D_{e_i} \dots D_{e_{i+r}} f(\xi_i)], \Omega_n^{(r+1)} = \prod_{i=0}^n D_{e_i} \dots D_{e_{i+r}} f(\xi_i).$$

Перемножая эти формулы для  $i = 0..n$ , имеем  $[f(x)]^{n+1} = [\omega_n(x)]^{r+1} [\Omega_n^{(r+1)}]^{n+1}$ .

Переходим к модулю, извлекаем корень и находим  $|f(x)| = |\omega_n(x)|^{(r+1)/(n+1)} |\Omega_n^{(r+1)}|^{1/(n+1)}$ .

Привлекая неравенство  $|\Omega_n^{(r+1)}| \leq M_{r+1}^{n+1}$  находим основное неравенство:  $|f(x)| \leq M_{r+1} h^{r+1}$ .

Литература:

1. Имомов, А. Явные интерполяционные формулы для функций многих переменных. Методы сплайн функций. Тезисы докл. Новосибирск, Изд. ИМ, 2001, с.38–39.
2. Имомов, А. Явные формулы многомерной интерполяции. Молодой учёный. № 19 (99) октябрь-1, 2015.
3. Зорич, В. А. Математический анализ. т.П.М.: Наука, 1984. — 640 с.

## ФИЗИКА

### Моделирование системы АИН ШИМ — асинхронный двигатель с переменными $\psi_r - I_s$ в неподвижной системе координат $\alpha\beta$

Емельянов Александр Александрович, доцент;  
 Бескеткин Виктор Викторович, ассистент;  
 Авдеев Александр Сергеевич, студент;  
 Чернов Михаил Владимирович, студент;  
 Киряков Георгий Анатольевич, студент;  
 Габзалилов Эльвир Фиргатович, студент

Российский государственный профессионально-педагогический университет (г. Екатеринбург)

В данной работе рассматривается процесс математического моделирования асинхронного двигателя [1] при питании от трехфазного автономного инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией (АИН ШИМ). Результаты этой работы будут основой для создания учебно-лабораторной установки по исследованию системы АИН ШИМ — АД. Функциональная схема системы трехфазный автономный инвертор с ШИМ — асинхронный двигатель приведен на рис. 1.

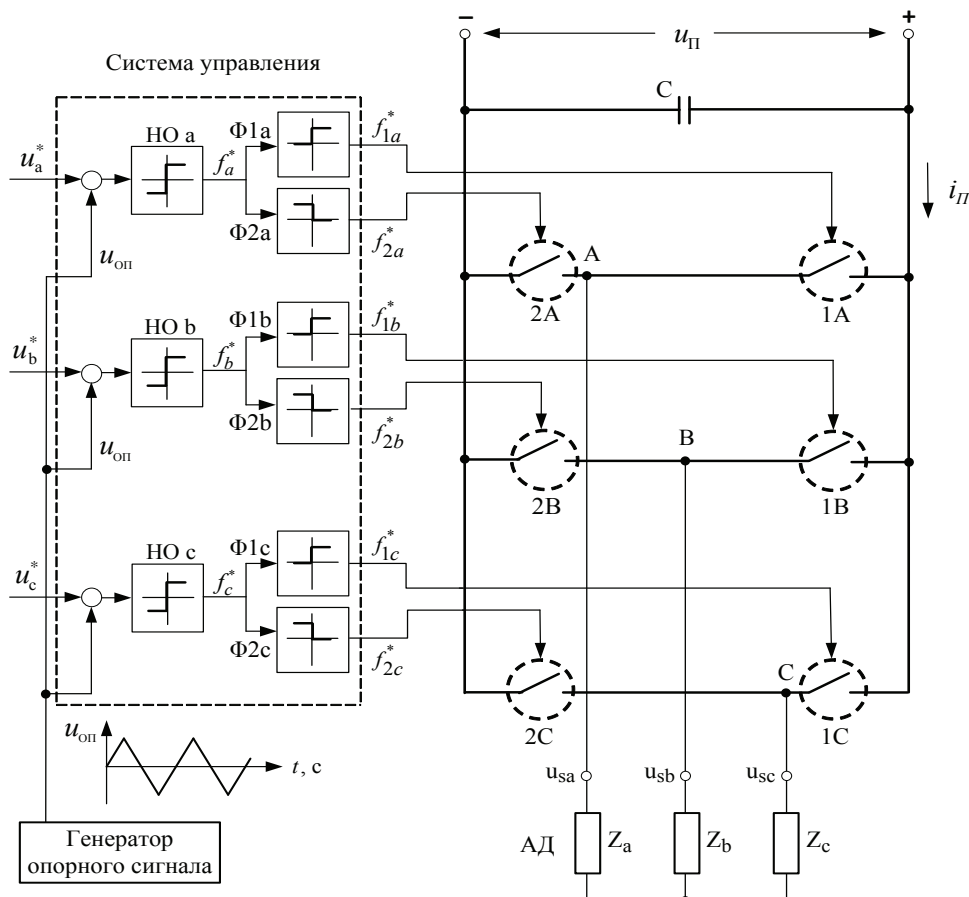


Рис. 1. Функциональная схема системы «АИН ШИМ — АД»

В этой схеме приняты следующие обозначения:

–  $u_a^*, u_b^*, u_c^*$  — задающие гармонические воздействия:

$$\begin{cases} u_a^* = U_M \cdot \sin(\omega t); \\ u_b^* = U_M \cdot \sin(\omega t - 2\pi/3); \\ u_c^* = U_M \cdot \sin(\omega t - 4\pi/3). \end{cases} \quad (1)$$

–  $u_{оп}$  — опорное напряжение, представляющее собой пилообразное, двухстороннее, симметричное напряжение с частотой модуляции значительно превышающей частоту напряжения задания. Математическая модель генератора пилообразного напряжения и его выходные сигналы даны на рис. 2, 3 и 4;

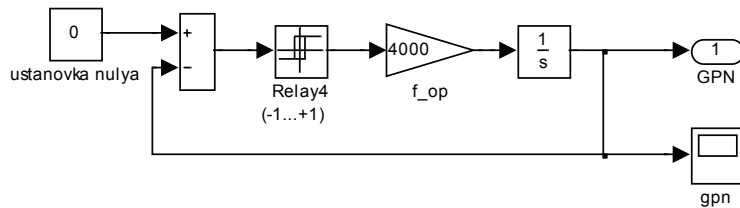


Рис. 2. Генератор пилообразного напряжения

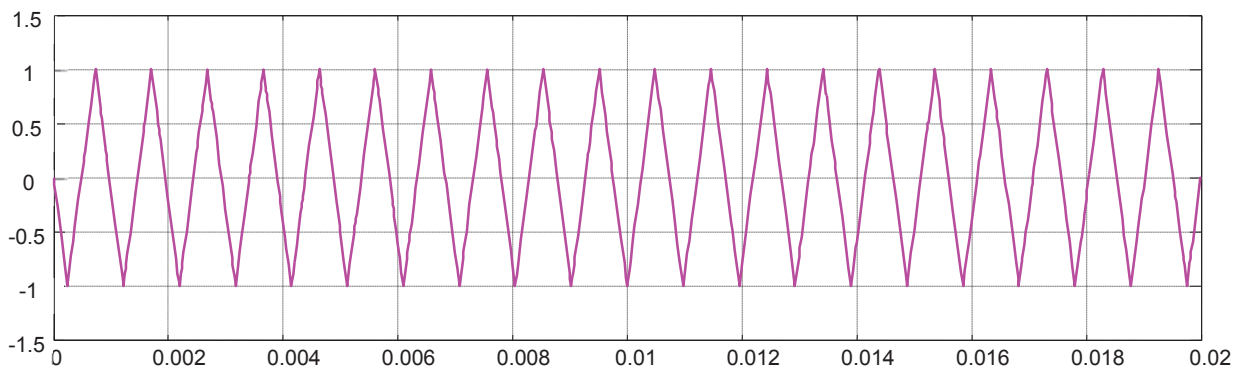


Рис. 3. Выходной сигнал генератора пилообразного напряжения

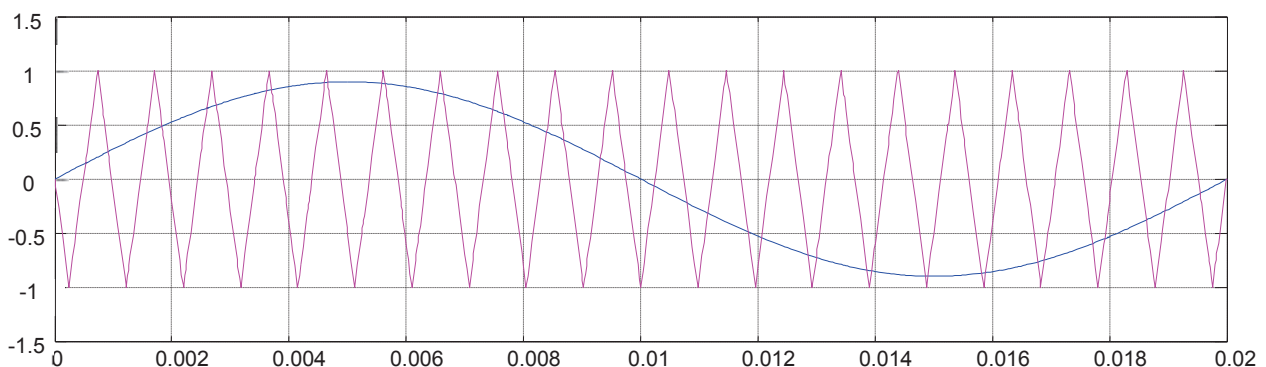


Рис. 4. Сравнение выходного сигнала генератора с задающим гармоническим воздействием  $u_a^*$

–  $HO_a, HO_b$  и  $HO_c$  — нуль-органы, обеспечивающие сравнение сигналов задания с опорным сигналом. Если  $u_{a,b,c}^* > u_{оп}$ , то выходные сигналы нуль-органов  $f_{a,b,c}^* > 0$ , иначе  $f_{a,b,c}^* < 0$ ;

–  $\Phi_{1a}$  и  $\Phi_{2a}, \Phi_{1b}$  и  $\Phi_{2b}, \Phi_{1c}$  и  $\Phi_{2c}$  — формирователи сигналов управления силовыми ключами. Формирователи сигналов управления имеют взаимно инверсные релейные характеристики [2] и сепарируют сигнал нуль-органа НО по двум каналам управления ключами инвертора. Кроме того, предусматривают небольшие временные задержки включения ключей. Это необходимо для предотвращения коротких замыканий источника постоянного напряжения  $u_{п}$  через силовые ключи инвертора;

- $f_{1a}^*$  и  $f_{2a}^*$ ,  $f_{1b}^*$  и  $f_{2b}^*$ ,  $f_{1c}^*$  и  $f_{2c}^*$  — дискретные выходные сигналы с формирователей, управляющих включением силовыми ключами;
- 1А и 2А, 1В и 2В, 1С и 2С — силовые ключи, попеременно подключающие обмотки фаз двигателя к разноименным полюсам источника постоянного напряжения  $u_n$ .

В каждом из состояний инвертора две фазы двигателя с помощью ключей соединены параллельно и подключены к источнику питания последовательно с третьей фазой. Поэтому напряжение источника питания распределяется между фазами нагрузки (в случае их симметрии) следующим образом: одна треть величины напряжения приходится на каждую из параллельно включенных фаз и две трети — на последовательно включенную фазу (таблица 1) [2].

Таблица 1

Номер комбинации	Состояния схемы							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Включение ключей	1А 2В 2С	1А 1В 2С	2А 1В 2С	2А 1В 1С	2А 2В 1С	1А 2В 1С	1А 1В 1С	2А 2В 2С
Схема питания обмоток АД								

Формирователи сигналов управления силовыми ключами ( $\Phi_{1a}$  и  $\Phi_{2a}$ ,  $\Phi_{1b}$  и  $\Phi_{2b}$ ,  $\Phi_{1c}$  и  $\Phi_{2c}$ ) задают программу подключения фаз обмоток двигателя к источнику постоянного напряжения  $u_n$ .

Фазное напряжение в обмотке двигателя представляет собой пятиуровневую импульсную функцию [2] со значениями:

$$+\frac{2}{3}u_n, +\frac{1}{3}u_n, 0, -\frac{1}{3}u_n, -\frac{2}{3}u_n.$$

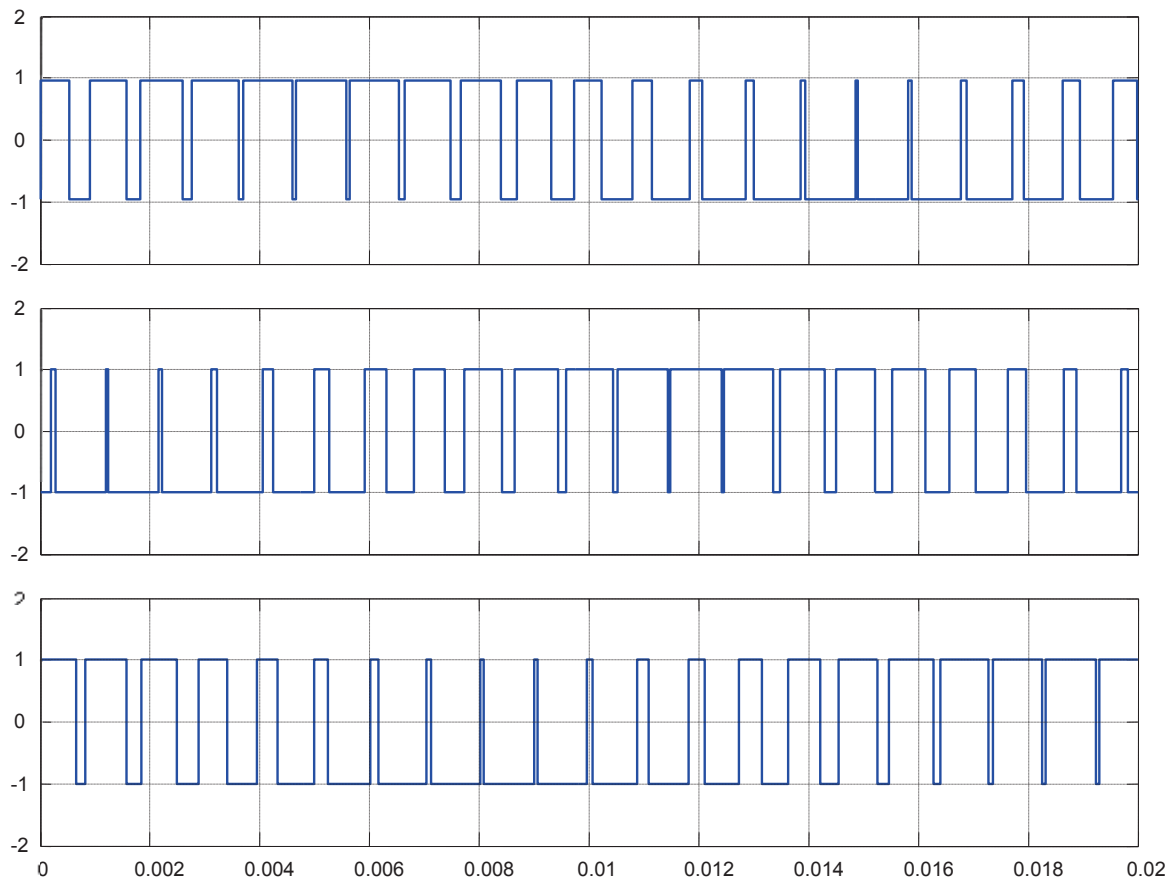


Рис. 5. Сигналы  $f_a^*$ ,  $f_b^*$  и  $f_c^*$  на выходе нуль-органов НО<sub>a,b,c</sub>



Импульсные напряжения, подаваемые на двигатель  $u_{a \text{ шим}}, u_{b \text{ шим}}$  и  $u_{c \text{ шим}}$  связаны с постоянным напряжением  $u_{\text{п}}$  и выходными сигналами нуль-органов НО<sub>a,b,c</sub>  $f_a^*, f_b^*$  и  $f_c^*$  (рис. 5) по следующей зависимости [2]:

$$\begin{bmatrix} u_{a \text{ шим}} \\ u_{b \text{ шим}} \\ u_{c \text{ шим}} \end{bmatrix} = u_{\text{п}} \cdot \frac{1}{2} \cdot \begin{bmatrix} \frac{2}{3}f_a^* - \frac{1}{3}f_b^* - \frac{1}{3}f_c^* \\ -\frac{1}{3}f_a^* + \frac{2}{3}f_b^* - \frac{1}{3}f_c^* \\ -\frac{1}{3}f_a^* - \frac{1}{3}f_b^* + \frac{2}{3}f_c^* \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Реализация импульсных напряжений  $u_{a,b,c \text{ шим}}$  в неподвижной трехфазной системе координат abc представлена в Simulink-Matlab на рис. 6. Результаты моделирования напряжений  $u_{a,b,c \text{ шим}}$  даны на рис. 7.

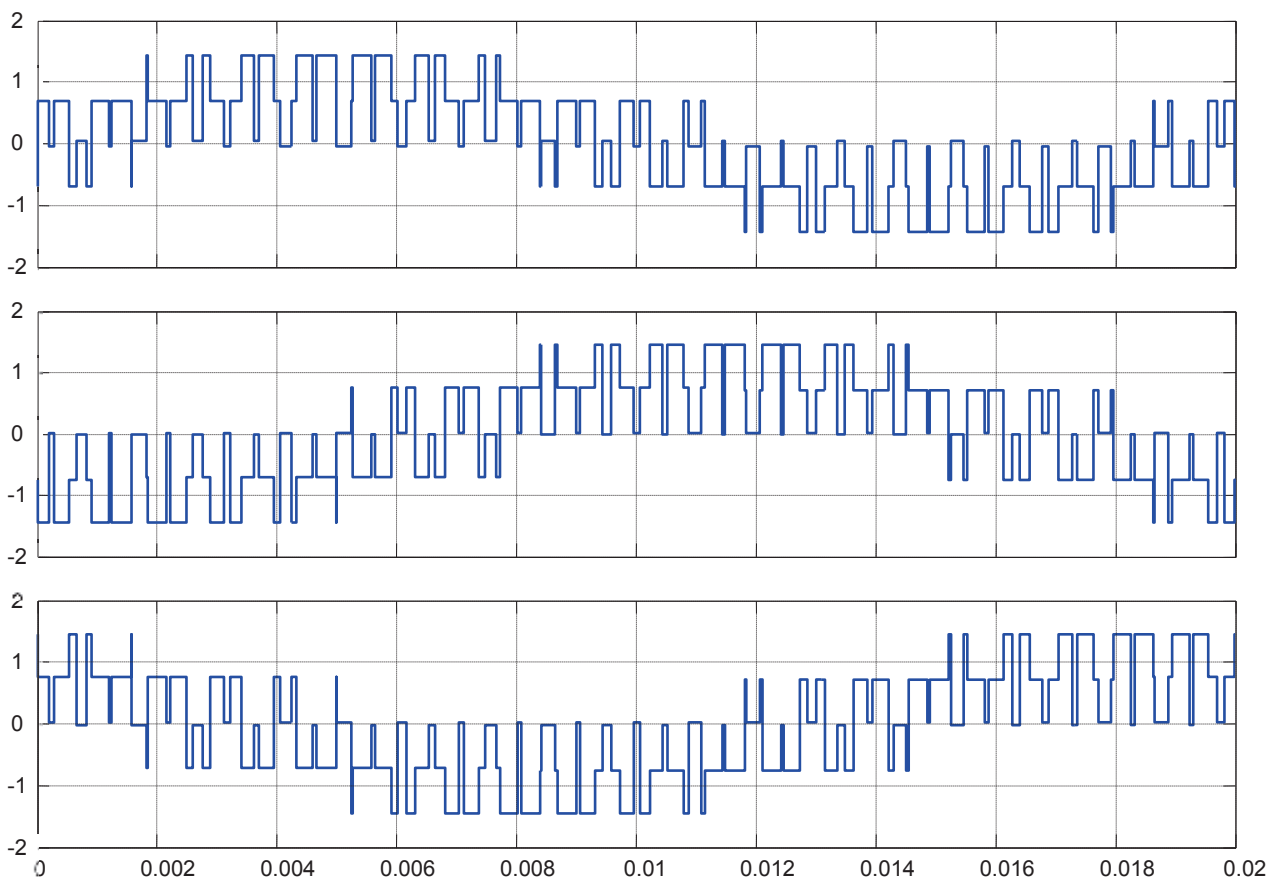


Рис. 7. Выходные напряжения  $u_{a \text{ шим}}, u_{b \text{ шим}}$  и  $u_{c \text{ шим}}$  в неподвижной трехфазной системе координат

Далее эти напряжения из трехфазной системы преобразуются в импульсные двухфазные напряжения в неподвижной декартовой системе координат  $\alpha\beta$  по следующим формулам [2]:

$$\begin{cases} u_{s\alpha} = \frac{1}{3} \cdot (2 \cdot u_{sa \text{ шим}} - u_{sb \text{ шим}} - u_{sc \text{ шим}}); \\ u_{s\beta} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot (u_{sb \text{ шим}} - u_{sc \text{ шим}}). \end{cases} \quad (3)$$

Математическая модель этих уравнений в Simulink-Matlab дана на рис. 8.

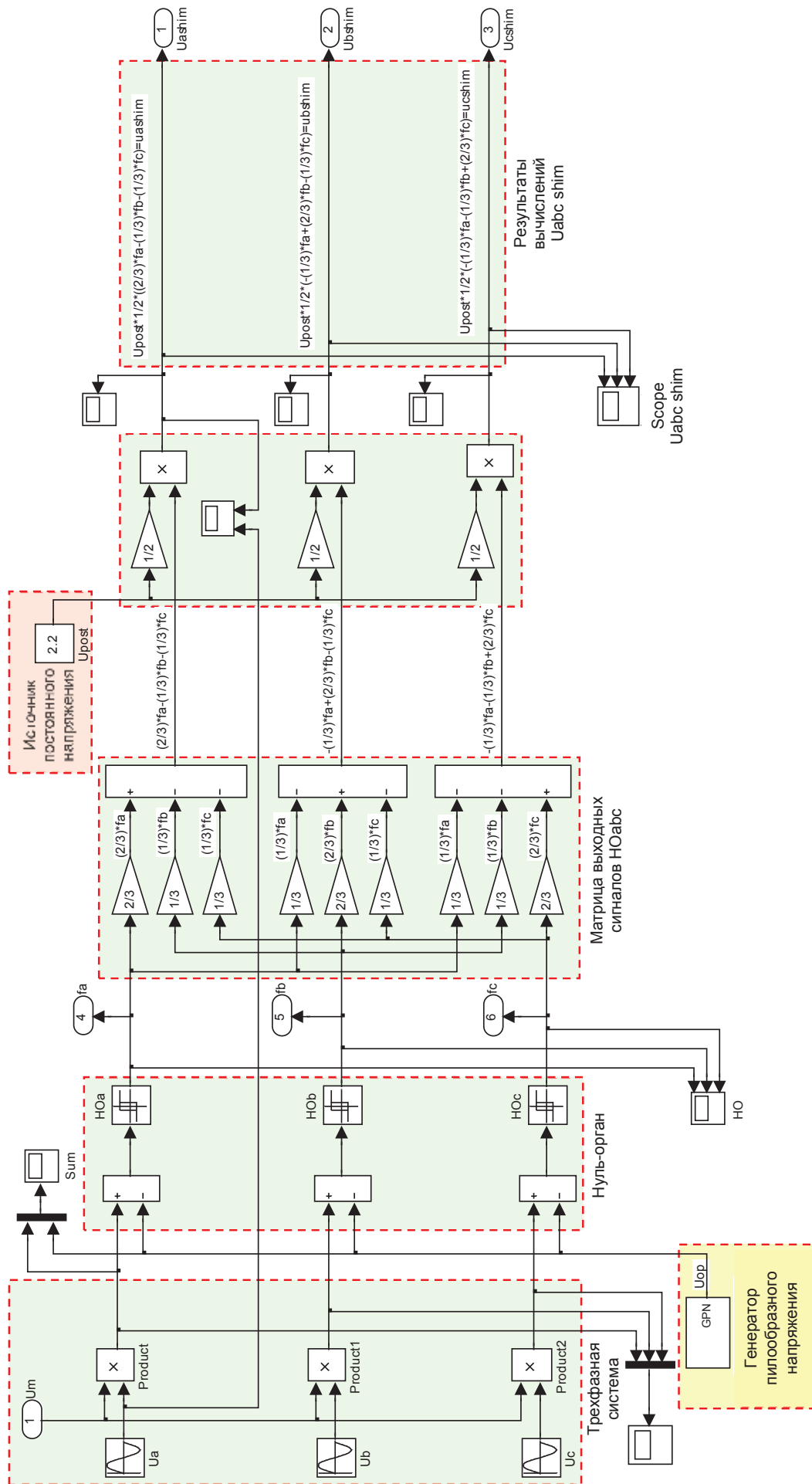


Рис. 6. Математическая модель реализации зависимости (2) в Matlab

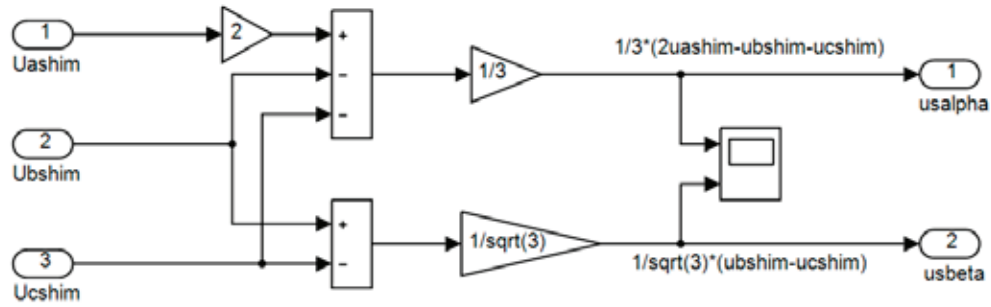


Рис. 8. Прямое преобразование координат «abc → αβ»

Выходные сигналы этого преобразователя даны на рис. 9.

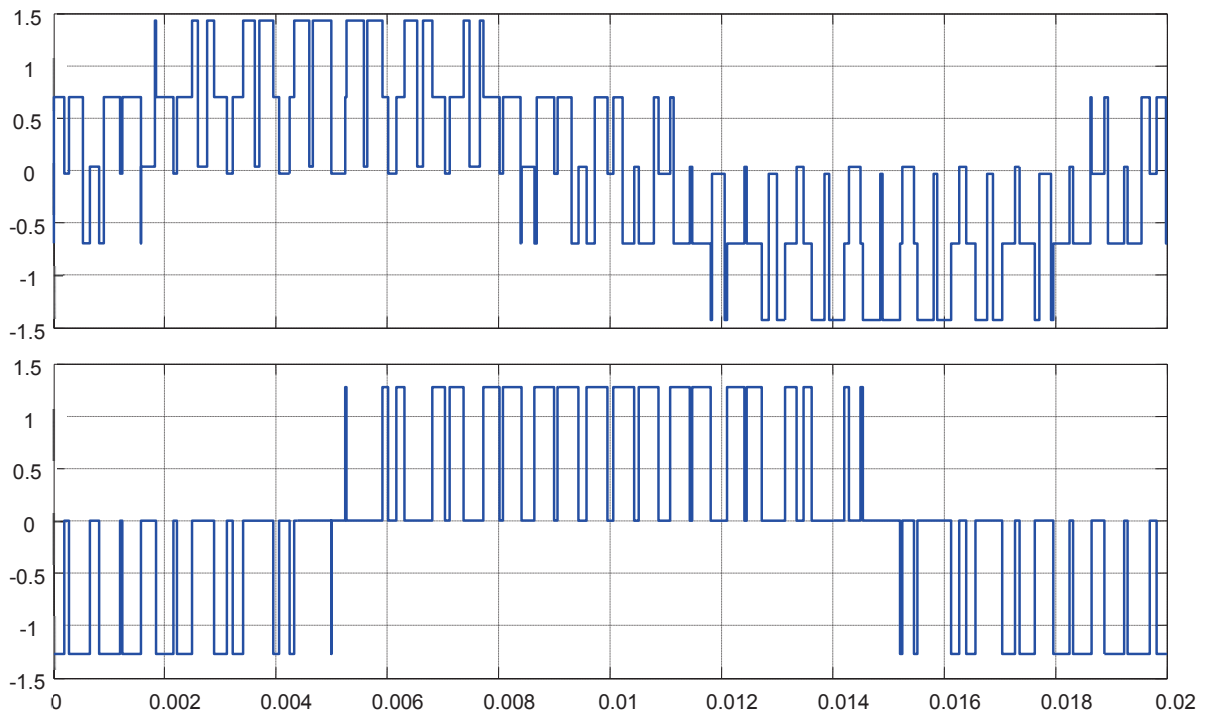


Рис. 9. Напряжения  $u_{s\alpha}, u_{s\beta}$  на выходе прямого преобразования координат

Напряжения  $u_{s\alpha}, u_{s\beta}$  воздействуют на математическую модель асинхронного двигателя, рассмотренную в статье [1]. Статорные токи  $i_{s\alpha}, i_{s\beta}$  в неподвижной двухфазной системе координат  $\alpha\beta$  (рис. 10) с помощью обратного преобразователя координат трансформируется в неподвижную трехфазную систему координат ( $i_{sa}, i_{sb}$  и  $i_{sc}$ ).

Обратные преобразования производятся по следующим формулам [2]:

$$\begin{cases} i_{sa} = i_{s\alpha}; \\ i_{sb} = -\frac{1}{2} \cdot i_{s\alpha} + \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_{s\beta}; \\ i_{sc} = -\frac{1}{2} \cdot i_{s\alpha} - \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot i_{s\beta}. \end{cases} \quad (4)$$

Математическая модель обратного преобразования и результаты  $i_{sa}, i_{sb}$  и  $i_{sc}$  даны на рис. 11, 12 и 13.

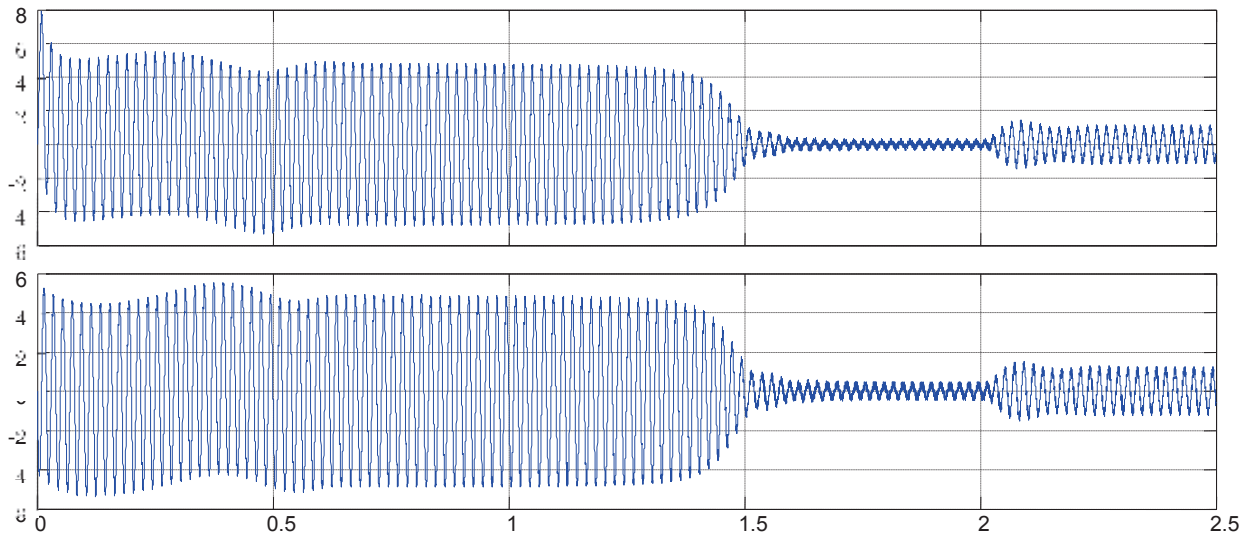


Рис. 10. Статорные токи  $i_{s\alpha}$ ,  $i_{s\beta}$  в неподвижной системе координат на входе обратного преобразователя координат

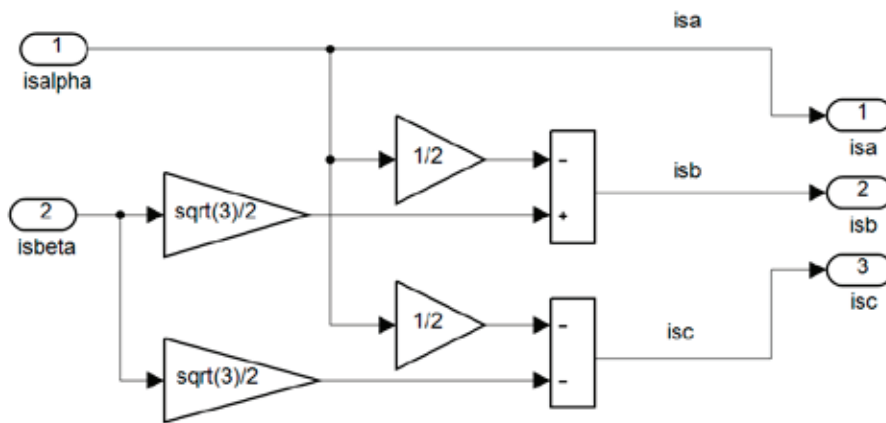


Рис. 11. Математическая модель обратного преобразования токов в неподвижной системе координат « $\alpha\beta \rightarrow abc$ »

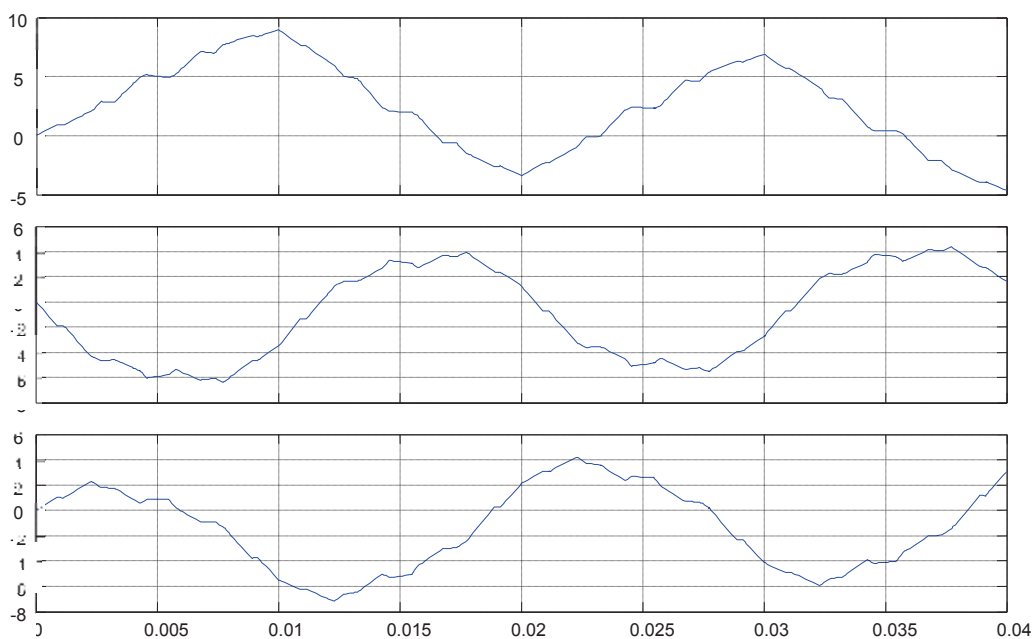


Рис. 12. Статорные токи  $i_{sa}$ ,  $i_{sb}$  и  $i_{sc}$  на выходе обратного преобразователя координат при частоте генератора пилообразного напряжения  $f_{on} = 1000$  Гц

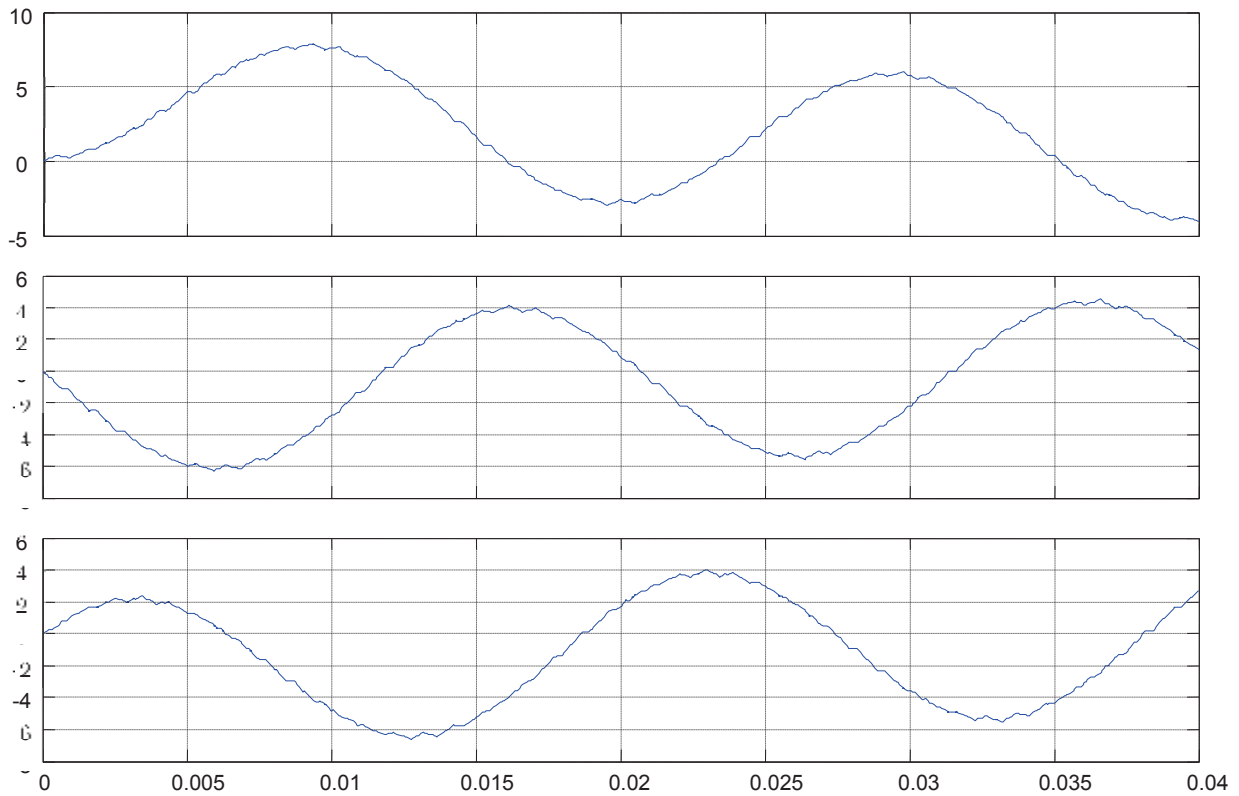


Рис. 13. Статорные токи  $i_{sa}$ ,  $i_{sb}$  и  $i_{sc}$  на выходе обратного преобразователя координат при частоте генератора пилообразного напряжения  $f_{on} = 4000$  Гц

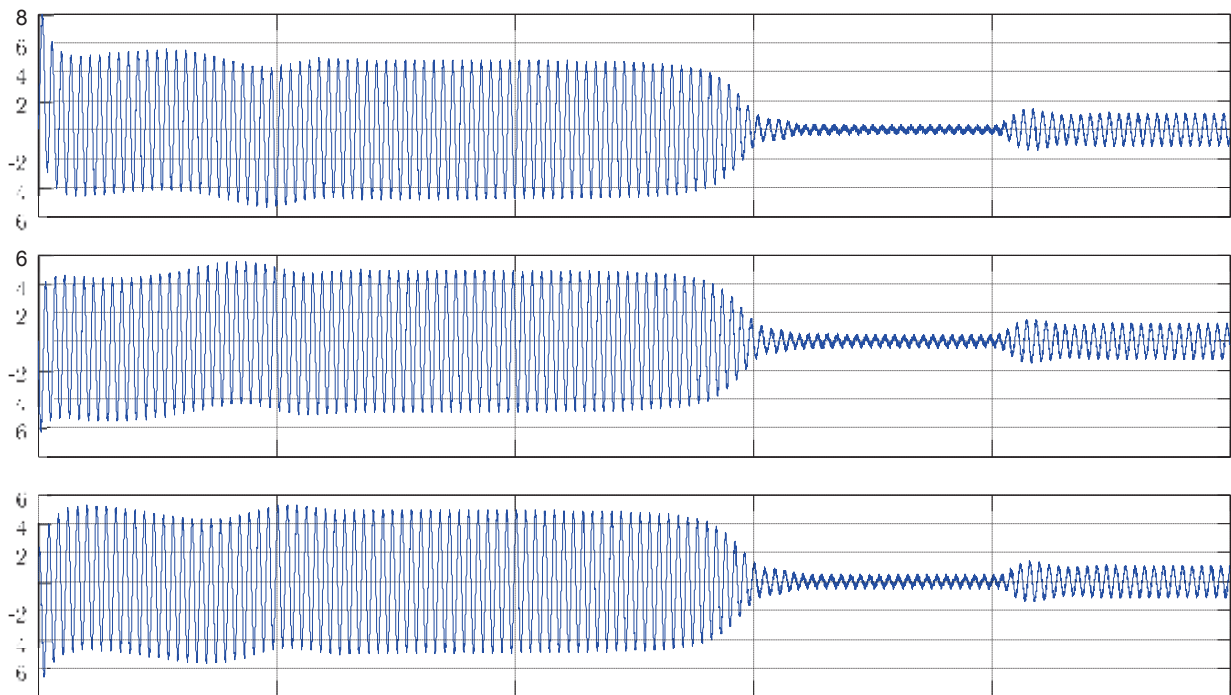


Рис. 14. Статорные токи  $i_{sa}$ ,  $i_{sb}$  и  $i_{sc}$  на выходе обратного преобразователя координат при частоте генератора пилообразного напряжения  $f_{on} = 4000$  Гц и времени  $t = 2,5$  с

Полная схема математической модели АИН ШИМ – АД дана на рис. 15.



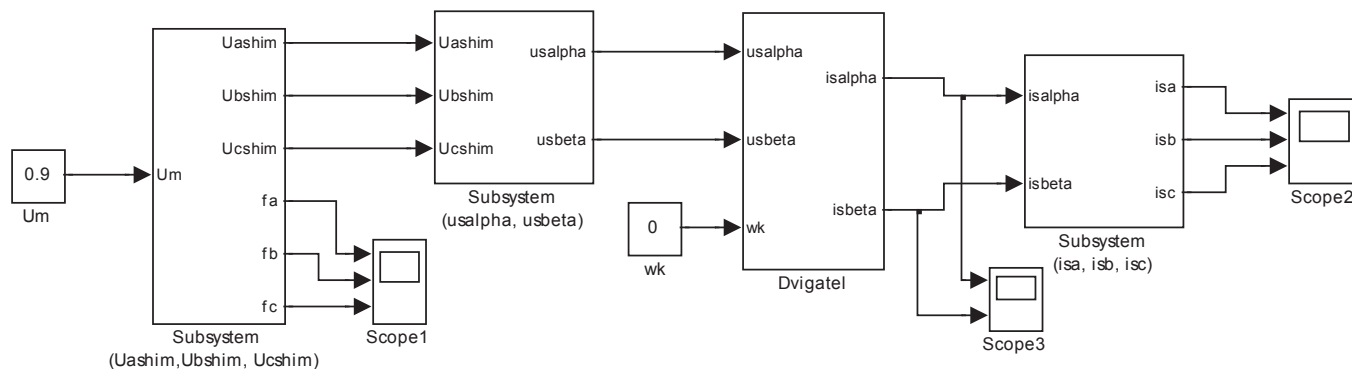


Рис. 15. Полная схема системы АИН ШИМ – АД

Электромагнитный момент и скорость асинхронного двигателя при питании от АИН ШИМ представлены на рис. 16.

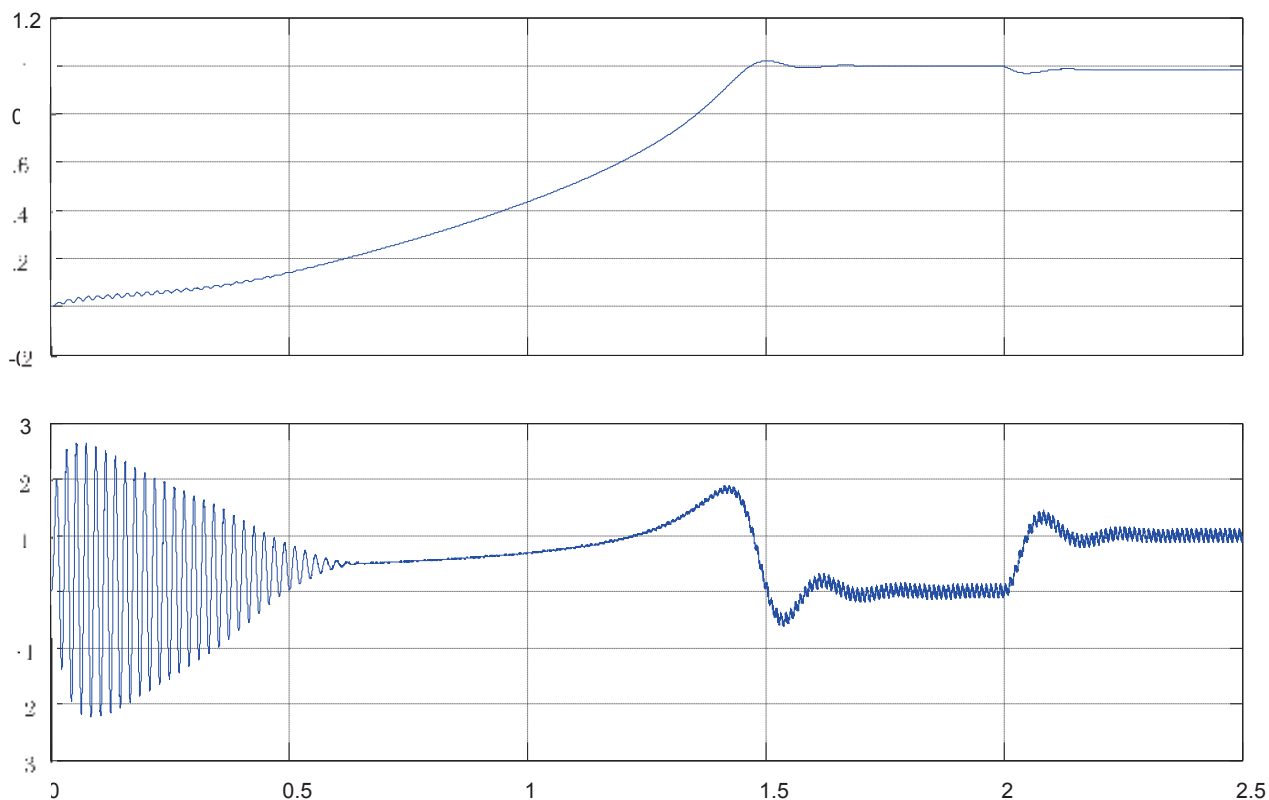


Рис. 16. Момент и скорость двигателя при питании от АИН ШИМ

Математическая модель асинхронного двигателя [1] дана на рис. 17.

Расчет параметров асинхронного двигателя [1], [3]:

```

%Номинальные данные
PN=320000;
UsN=380;
IsN=324;
fN=50;
Omega0N=104.7;
OmegaN=102.83;
nN=0.944;
    
```

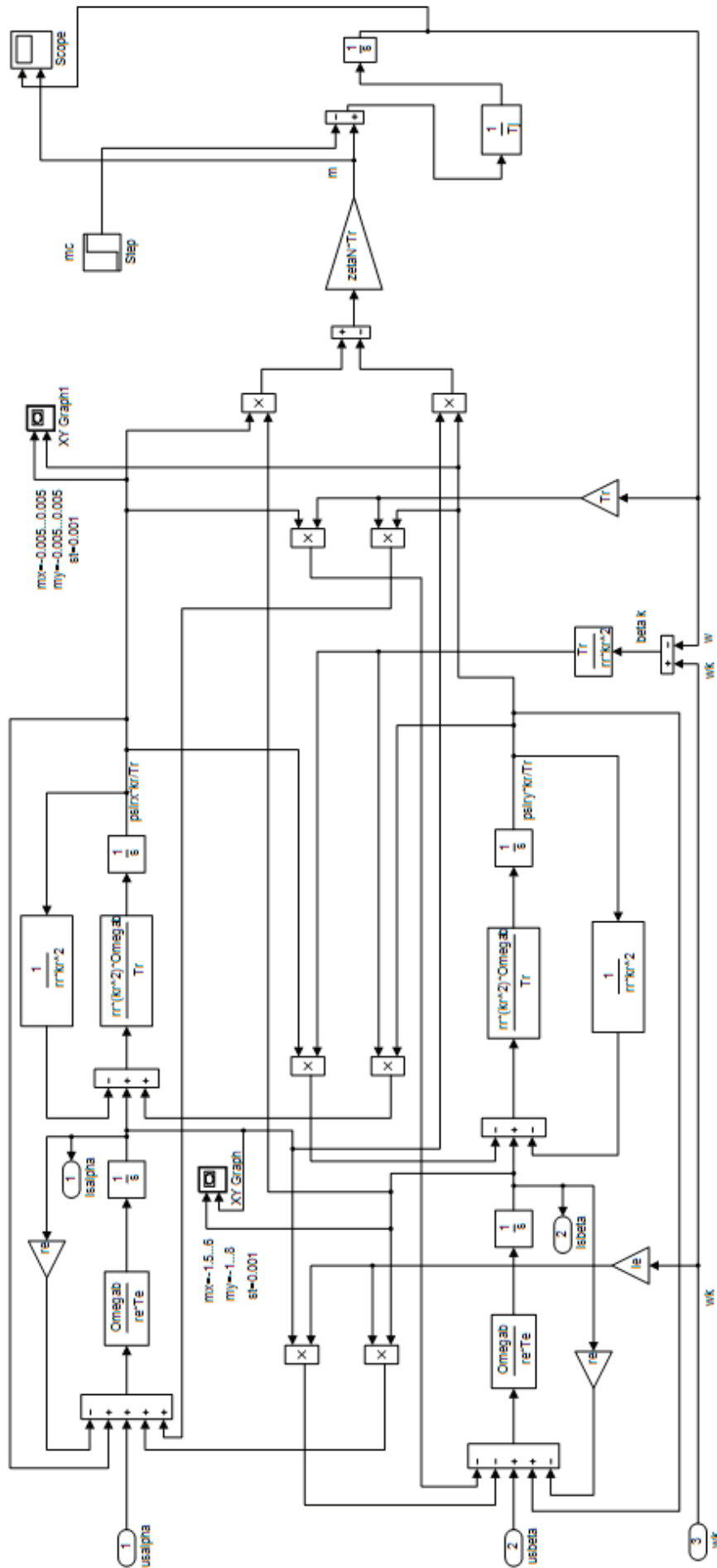


Рис. 17. Математическая модель асинхронного двигателя на основе интегрирующих звеньев

```

cos_phiN=0.92;
zp=3;
%Параметры Т-образной схемы замещения при номинальной частоте
Rs=0.0178;
Xs=0.118;
Rr=0.0194;
Xr=0.123;
Xm=4.552;
J=28;
%Базисные величины системы относительных единиц
Ub=sqrt (2) *UsN;
Ib=sqrt (2) *IsN;
OmegasN=2*pi*fN;
Omegab=OmegasN;
Omegarb=Omegab/zp;
Zb=Ub/Ib;
Psib=Ub/Omegab;
Lb=Psib/Ib;
kd=1.0084;
Mb=kd*PN/OmegaN;
Pb=Mb*Omegarb;
rs=Rs/Zb;
ls=Xs/Zb;
rr=Rr/Zb;
lr=Xr/Zb;
lm=Xm/Zb;
Tj=J*Omegarb/Mb;
betaN= (Omega0N-OmegaN) /Omega0N;
wN= (1-betaN);
SsN=3*UsN*IsN;
zetaN=SsN/Pb;
ks=lm/ (lm+ls);
kr=lm/ (lm+lr);
lbe=ls+lr+ls*lr*lm^ (-1);
roN=0.9962;
rrk=roN*betaN;
alphan=kr*rr/lm;
le=kr*lbe;
re=rs+ (kr^2) *rr;
Te=le/re;
Tr= (lm+lr) /rr;
Us=1;
ws=1;
t=2.5;
usa=Us*cos (ws*t);
usb=Us*cos (ws*t-2*pi/3);
usc=Us*cos (ws*t+2*pi/3);
us_alpha= (1/3) * (2*usa-usb-usc);
us_beta=1/ (sqrt (3)) * (usb-usc);

```

Литература:

1. Емельянов, А.А., Бесклеткин В.В., Авдеев А.С., Чернов М.В., Киряков Г.А., Габзалилов Э.Ф., Фуртиков К.А., Реутов А.Я., Королёв О.А. Математическая модель асинхронного двигателя с переменными  $\Psi_r - I_s$  в произвольной системе координат на основе интегрирующих звеньев // Молодой ученый\_. — 2015. — № 15. — с. 7–30.

2. Шрейнер, Р. Т. Электромеханические и тепловые режимы асинхронных двигателей в системах частотного управления: учеб. пособие / Р. Т. Шрейнер, А. В. Костылев, В. К. Кривовяз, С. И. Шилин. Под ред. проф. д.т.н. Р. Т. Шрейнера. — Екатеринбург: ГОУ ВПО «Рос. гос. проф. — пед. ун-т», 2008. — 361 с.
3. Шрейнер, Р. Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. — Екатеринбург УРО РАН, 2000. — 654 с.

## Оценка потенциала работы малой группы при обучении физике

Иванова Ольга Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент;

Попов Сергей Викторович, кандидат физико-математических наук, доцент;

Валуйский Денис Эдуардович, курсант

Военный учебный научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная орденов Ленина и Октябрьской Революции дважды Краснознаменная ордена Кутузова академия имени Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

*Час работы научит большему, чем день объяснений.*

*Ж. Руссо*

Невозможно заниматься совершенствованием системы обороны государства без образования. Образование в этой сфере важно, и должно стоять во главе интересов как отдельного военнослужащего, так и всего народа в целом. Современная система образования в военной сфере направлена на получение знаний не только на лекциях и практических занятиях, но в большей степени в рамках самостоятельной работы и лабораторных работ. На лабораторной работе обучаемый работает по большей части творчески, пытается достигнуть поставленную цель. При этом мы сталкиваемся с разными подходами анализа и умением обосновывать свое решение каждым курсантом.

Наиболее качественное восприятие курсантом сложного материала происходит при использовании интерактивных методов, позволяющих соединять теоретические знания по физике с их будущей военной профессией. Для этого следует рассматривать примеры практических приложений физики и физических методов в соответствующем вооружении и военной технике с целью обеспечения тесных междисциплинарных связей изучения курсантами различных наук. Для эффективности обучения необходимы взаимодействие курсантов, взаимная поддержка. Они могут быть сформированы внутри малой группы (МГ) как проявления интерактивного метода обучения физике.

Роберт Мертон определяет группу как совокупность людей, которые определенным образом взаимодействуют друг с другом, осознают свою принадлежность к данной группе и считаются ее членами с точки зрения других людей. Инструментальная роль группы связана с невозможностью или трудностью индивидуального осуществления каких-либо дел [1], например, проведения лабораторного физического эксперимента.

При формировании МГ следует придерживаться способов коммуникаций, описанных Нейсом Смелзером [2. с. 160]. Смелзер показал, что метод «колесо» является самым эффективным, так как вся коммуникация проходит через центр. В МГ при индивидуальной форме общения таким центральным лицом является старший малой группы.

Целью нашего исследования является определение своеобразия работы в МГ на лабораторных работах по физике и оценка их потенциала с современных позиций.

Учебный процесс, опирающийся на использование интерактивных методов обучения, организуется с учетом включенности в процесс познания всех курсантов учебной группы без исключения. Основой интерактивного подхода к обучению являются задания, которые выполняют обучаемые при изучении нового материала или закреплении на практике полученных знаний. Совместная деятельность означает, что каждый вносит свой особый индивидуальный вклад, в ходе работы идет обмен знаниями, идеями, способами деятельности. Организуются индивидуальная, парная и групповая работа, используются ролевые игры, осуществляется работа с различными источниками информации (инструментальными или видео демонстрациями), кейс-метод, презентации. Соблюдается принцип: каждый учит каждого.

Интерактивные методы основаны на принципах взаимодействия, активности обучаемых, опоре на групповой опыт, обязательной обратной связи. Наличие диалога, построенного на умении слушать и услышать каждого, при обучении физике — это обязательное условие. Позитивное и оптимистическое оценивание деятельности курсантов в ходе проведения фронтальной лабораторной работы — это создание ситуации успеха, необходимой для повышения качества обучения физике курсантов.

При работе в составе МГ формируется среда образовательного общения, которая характеризуется открытостью, взаимодействием участников, равенством их аргументов, накоплением совместного знания, возможностью взаимной оценки и контроля на основе сотрудничества.

Интерактивный метод («inter» — это взаимный, «act» — действовать) — это способ взаимодействия, позволяющий находиться в режиме беседы, диалога с кем-либо. Он ориентирован на широкое взаимодействие курсантов не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности курсантов в процессе обучения. Целесообразно это использовать при проведении лабораторных работ по физике, наиболее интересном виде аудиторного занятия с точки зрения курсантов, или в работе кружка военно-научного общества

Система организации лабораторных работ, в которой преподаватель одновременно управляет работой нескольких групп курсантов, является наиболее подходящей для аудиторного занятия. Фактическое руководство деятельностью всех курсантов в аудитории и вытекающее отсюда привитие навыков возможно только при условии фронтального выполнения одной работы с использованием однотипных приборов и пособий.

Подобная система организации лабораторной работы отражает необходимость развития навыков самостоятельной деятельности в рамках МГ:

- умение составлять план выполнения работы;
- приготовление лабораторной установки к проведению эксперимента согласно инструкции;
- умение пользоваться лабораторным оборудованием, измерительными приборами, необходимыми для данного эксперимента;
- применение теоретических знаний на практике (при снятии показаний измерительных приборов, математических расчетах, определении погрешностей прямых и косвенных измерений, графической обработке результатов, формулировке выводов согласно поставленным целям лабораторной работы, оформлении бланка отчета по работе);
- свободное владение разнообразными справочниками.

Работа в МГ – это специальная форма организации познавательной деятельности. Она подразумевает вполне конкретные и прогнозируемые цели. Внутри МГ создаются комфортные условия обучения, при которых курсант чувствует свою интеллектуальную состоятельность, желание получить знания и навыки, повысить свой базовый уровень для работы по решению профессиональных проблем по окончании обучения. Это делает продуктивным сам процесс обучения.

Внутри МГ действует закон Йеркса-Додсона [3, с.398], утверждающий, что результативность учебной деятельности находится в прямой зависимости от силы мотивации. Чем сильнее побуждение к действию, тем выше результат деятельности. Но по достижению конкретных результатов дальнейшее увеличение силы мотивации не повышает эффективность деятельности.

Другими словами, работа в МГ — это диалоговое обучение, позволяющее осуществлять взаимодействие между курсантом и преподавателем, между самими курсантами.

Учебными и воспитательными задачами деятельности МГ являются:

- пробуждение у курсантов интереса к процессу обучения;
- результативное усвоение учебного материала;
- формирование умения подчиняться;
- развитие профессиональных навыков;
- самостоятельный поиск путей и вариантов решения поставленной учебной задачи (выбор одного из предложенных вариантов или нахождение собственного варианта и обоснование решения);
- наличие взаимодействия между курсантами, обучение грамотной и продуктивной работе в составе МГ, уважение достоинства каждого члена группы.

В составе учебной группы сильные курсанты отличаются друг от друга не только по уровню знаний, но и по качеству и типу внутренней мотивации. Для слабых курсантов действует внешняя мотивация: избежание осуждения и наказания (например, лишение увольнения) за плохую успеваемость. Внутри МГ курсанты вступают в коммуникацию друг с другом, совместно решают поставленные задачи, учатся преодолевать конфликты, стремятся к получению общего положительного результата работы. Это отражается на успеваемости группы.

Учет успеваемости — неотъемлемая сторона процесса обучения в военном вузе. Преподаватель обучает и вместе с тем анализирует восприятие курсантами изучаемого, овладение ими умениями практического применения знаний, осмысления, запоминания.

Показатели успеваемости в военном вузе вычисляются по итоговым оценкам, предусмотренным учебными программами по подготовке специалистов. К ним относятся средний балл (СБ), успеваемость, выраженная в процентах. Следует учитывать, по-нашему мнению, также степень обученности курсантов (СОК) и качество знаний (КУ).

Степень обученности курсантов (СОК) — отношение суммы количества курсантов, получивших оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» на экзаменационной сессии, помноженное на соответствующую степень обученности  $k_i$  по Симонову [4] к общему количеству курсантов, сдававших данный контроль:

$$СОК = \frac{k_5 \times N_5 + k_4 \times N_4 + k_3 \times N_3 + k_2 \times N_2}{N} \times 100\%, \quad (1)$$



где  $N_5$ ,  $N_4$ ,  $N_3$ ,  $N_2$  – количество оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» соответственно;  $N = N_5 + N_4 + N_3 + N_2$  – количество курсантов, сдававших данный контроль; коэффициент  $k_5 = 1$  соответствует способности курсанта переносить знания в нестандартную ситуацию, коэффициент  $k_4 = 0,64$  отражает уровень понимания курсанта; коэффициент  $k_3 = 0,36$  отражает уровень запоминания курсанта; коэффициент  $k_2 = 0,14$  демонстрирует отсутствие знаний значительной части программного материала, непонимание сущности излагаемого вопроса или решаемой задачи курсантом.

Качество успеваемости (КУ) – отношение суммы количества курсантов, получивших оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» к общему количеству обучаемых, сдававших данный контроль на положительную оценку, выраженное в процентах:

$$КУ = \frac{N_5 + N_4}{N_5 + N_4 + N_3} \times 100\%. \quad (2)$$

Анализ результатов успеваемости одной учебной группы за три семестра, представленный на рис., показал значительные изменения за время обучения физике с использованием работы курсантов в составе МГ на лабораторной работе. Это связано с тем, что большинство курсантов заинтересованы в работе в составе МГ при проведении физического практикума, так как заметно изменяется их качество знаний. Даже курсанты с пониженным уровнем внимания показали неплохой уровень усвоения программного материала по физике в ходе экзаменационной сессии.

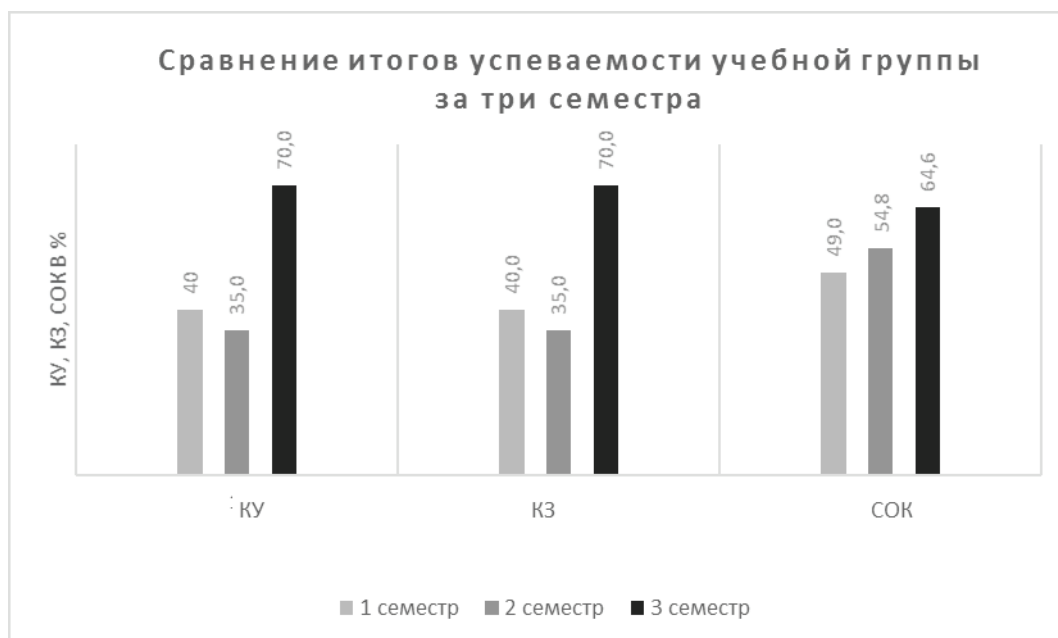


Рис. 1. Итоги успеваемости одной учебной группы за три семестра

Таким образом, проводимое нами исследование организованных форм подготовки будущих офицеров в составе МГ показал рост обученности курсантов относительно первичного и появление их заинтересованности в учебе, основанное на положительных результатах совместной работы. Это свидетельствует, что потенциал работы курсантов в составе МГ стимулирует развитие познавательной и коммуникативной активности обучаемых.

Литература:

1. Интернет-ресурс: [http://scepsis.net/library/id\\_580.html](http://scepsis.net/library/id_580.html).
2. Смелзер, Н. Социология. — М.: Феникс, 1998. — 688 с.
3. Психология. А-Я. Словарь-справочник / Пер. с англ. К. С. Ткаченко. — М.: ФАИР-ПРЕСС. Майк Кордуэлл. 2000. — 448 с.
4. Симонов, В. П. Диагностика степени обученности учащихся Учебно-справочное пособие. М.: МРА, 1999. — 48 с.

# ХИМИЯ

## Селективная функционализация технического углерода активными формами кислорода

Вишневская Анастасия Юрьевна, магистрант  
Омский государственный технический университет

Раздьяконова Галина Ивановна, кандидат химических наук, доцент

Омский государственный технический университет, Институт проблем переработки углеводов Сибирского отделения Российской академии наук

*Проведено ранжирование силы окислителей пероксида водорода, озона и синглетного кислорода по критерию глубины окисленности разных марок технического углерода. Предложено для использования в практике сочетание  $H_2O_2$  с синглетным кислородом.*

**Ключевые слова:** *технический углерод, окисление, функциональные группы, пероксид водорода, озон, синглетный кислород.*

Технический углерод — продукт глубокой переработки углеводов в условиях высокотемпературного термоокислительного пиролиза. Он представляет собой дисперсные частицы глобулярного строения, объединённые в прочные сrostки — агрегаты. Глобулы технического углерода состоят из пачек графенов, располагающихся с уменьшающейся плотностью их упаковки к центру глобулы. В ходе получения технического углерода графеновые слои, находящиеся на поверхности глобул, подвергаются частичной газификации в среде отходящих газов  $CO_2$ ,  $CO$ ,  $H_2O$ , при этом краевые углеродные атомы насыщаются кислородом в виде функциональных групп [1]. В соответствии с термодинамической устойчивостью на поверхности технического углерода преобладают группы хинонного типа [1,2]. Для ряда практических задач наибольший интерес представляют протоногенные группы, такие как карбоксильные и фенольные. Однако, они являются термодинамически не устойчивыми в условиях синтеза технического углерода. Их синтез проводят в постреакторных условиях при низких температурах, получая функционализированный технический углерод.

Окисление технического углерода необходимо для повышения его взаимодействия с компонентами композиционных материалов, улучшения смачивания поверхности и придания функциональных свойств композитам. Известно, что степень окисленности технического углерода нарастает при его окислении в три стадии. На первой стадии из хромоновых групп образуются гидроксильные и фенольные. На второй стадии фенольные группы окисляются в карбоновые или хинонные. На третьей стадии окисления на поверхности технического углерода образу-

ются группы, содержащие 2 атома кислорода. Они сильно снижают рН водной суспензии и увеличивают поляризуемость поверхности технического углерода. Степень окисленности технического углерода условно характеризуют по соотношению концентраций карбоксильных групп на его поверхности к фенольным. Для определения концентрации функциональных групп в процессе окисления технического углерода используют титриметрический метод их селективной нейтрализации основаниями разной силы — известный как метод Voehn Н.Р. [3,4].

Из большого ряда окислителей — кислот, солей и газов — рациональными являются такие, которые не загрязняют технический углерод и отходящие газы его производства. Наиболее перспективными являются перекись водорода, озон, кислород и их смеси. Все они относятся к активным формам кислорода (АФК).

Непосредственное влияние вариантов окислителей группы АФК на формирование функционального состава поверхности технического углерода в научной литературе практически не освещено. В патентной литературе с целью снижения показателя рН водной суспензии ТУ на 3–5 ед. от первоначального использовали как жидкофазное окисление технического углерода пероксидом водорода [5–7], так и газофазное окисление озоном [8–10] или смесью кислородсодержащего газа с парами пероксида водорода [11].

Патентная активность к процессам окисления технического углерода обусловлена всё более возрастающей потребностью в функционализированном техническом углероде. Однако, малая изученность взаимодействия технического углерода с АФК не позволяет выявить опти-

мальные технологические приёмы окисления технического углерода АФК для селективного накопления функциональных групп заданного строения и регулировать его степень окисленности. Не изучено также влияние свойств технического углерода на результат окисления разными АФК.

Целью данного исследования является сравнение окислительной способности пероксида водорода, озона и синглетного кислорода по отношению к техническому углероду разных марок.

Объектами исследования служили три марки технического углерода, отличающиеся размерами глобул и степенью их газификации, соответствующей коэффициенту шероховатости их поверхности (таблица 1). Образцы N 326 и N121 получены на предприятии ОАО «Омсктехуглерод», ПЗ66-Э — в ИППУ СО РАН.

$K_{ш}$  оценивали по отношению полной удельной поверхности методом БЭТ к внешней по статистической толщине слоя азота, определяемых по методике ASTM D6556.

Таблица 1. Физико-химические свойства образцов технического углерода

Показатели	Значения показателей		
	N326	N121	ПЗ66-Э
Средний диаметр глобул, нм	27	19	32
Удельная поверхность по адсорбции азота (метод БЭТ ASTM D6556), м <sup>2</sup> /г	77	118	173
Коэффициент шероховатости поверхности, $K_{ш}$ , отн.ед	1,0	1,1	1,6

Из данных в таблице 1 следует, что поверхность технического углерода ПЗ66-Э является более шероховатой, что является следствием его термоокислительной обработки при получении. Большая шероховатость поверхности способствует увеличению скорости разложения пероксида водорода.

Окисление образцов проводили в движущемся слое гранул при температуре 20°C в атмосфере воздуха в течение 5 мин. Раствор перекиси водорода распыляли на гранулы (1:1 по массе). Воздух, обогащенный озоном, получали из бытового озонатора OZONER (Россия, «Формула здоровья») с производительностью по озону 400 мг/ч (~ 0,005% масс.),

воздух, обогащенный синглетным кислородом, — с помощью устройства AIRNERGY+ Basis Plus (Германия, «Airnergy AG») с фотокаталитическим активированием ( $\lambda$  634 нм) и скоростью потока 4 л/ч (~ 0,0005% масс.).

Окислители по-разному влияют на состав и содержание кислотных функциональных групп на поверхности технического углерода (рис. 1).

По увеличению содержания карбоксильных групп наиболее глубоко идёт окисление 30%-ным раствором перекиси водорода  $H_2O_2$ . Озон и его комбинации с 2%-ным раствором  $H_2O_2$  для технического углерода менее эффективны. Из сравнения окислительной способности озона

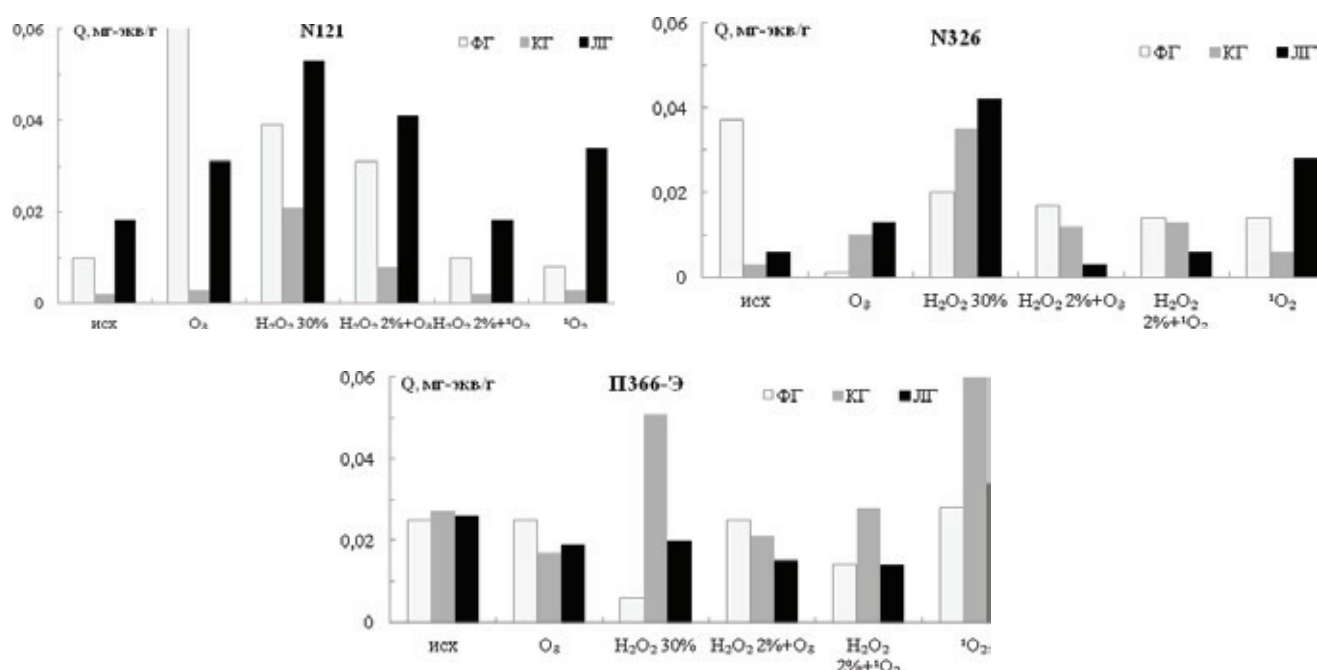


Рис. 1. Влияние окислительных систем на содержание кислотных функциональных групп разных марок технического углерода

и синглетного кислорода в отношении технического углерода второй реагент действует сильнее.

Важно отметить, что использование синглетного кислорода при окислении технического углерода в газовой фазе приводит к образованию лактоновых групп, тогда как при использовании в качестве окислителя синглетного кислорода в сочетании с 2%-ным раствором перекиси во-

дорода наблюдается преимущественное образование фенольных и карбоксильных групп — предшественников лактоновых групп.

На рис. 2 показано, что технический углерод марки N121 эффективнее окисляется при использовании газовой фазы  $^1\text{O}_2$  и системы (2%  $\text{H}_2\text{O}_2$  +  $^1\text{O}_2$ ) по сравнению с 30%  $\text{H}_2\text{O}_2$ .

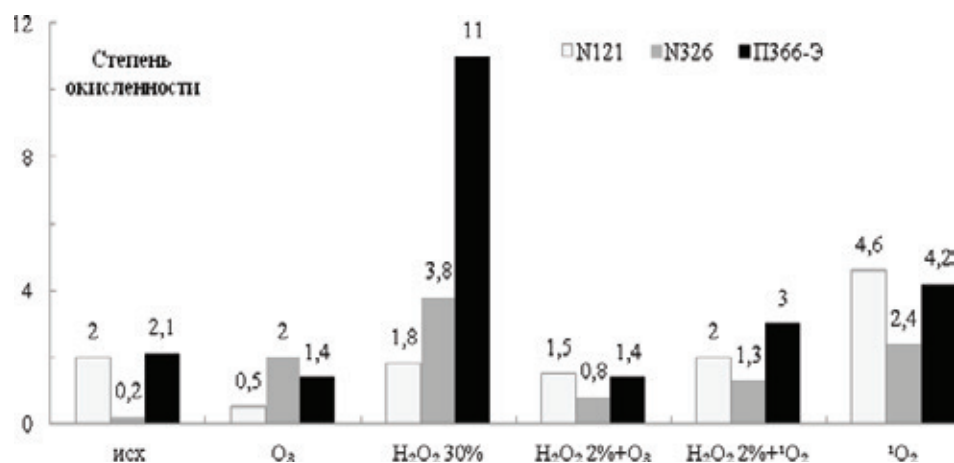


Рис. 2. Влияние состава АФК на степень окисленности разных марок технического углерода

Все использованные окислители (за исключением  $\text{O}_3$ ) повышают степень окисленности технического углерода марки ПЗ66-Э, и по снижению эффективности располагаются в ряд

$30\% \text{H}_2\text{O}_2 > ^1\text{O}_2 > (2\% \text{H}_2\text{O}_2 + ^1\text{O}_2) > (2\% \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_3), \text{O}_3$ .

Таким образом, наибольшим окислительным действием на технический углерод обладает 30% раствор пероксида водорода.

Однако его использование в производстве технического углерода затруднено из-за бурного разложения пероксида водорода с выделением кислорода и, соответственно, роста давления в аппарате — смесителе-грануляторе, деструкции сформированных гранул.

Более эффективно окисление технического углерода «сухим» способом воздухом, активированным синглетным кислородом, либо «мокрым» способом, смачивая его поверхность 2%-ным раствором пероксида водорода в атмосфере воздуха, активированного синглетным кислородом.

#### Литература:

1. Раздьяконова, Г. И. Получение и свойства дисперсного углерода: монография. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. — 236 с.
2. Li, N., Ma X., Zha Q., Kim K., Chen Y., Song Ch. Maximizing the number of oxygen-containing functional groups on activated carbon by using ammonium persulfate and improving the temperature-programmed desorption characterization of carbon surface chemistry Carbon 49.15 (2011) 5002–5013
3. Boehm, H. P. Some aspects of the surface chemistry of carbon blacks and other carbons. Carbon 1994. V. 32 (5). P. 759–69.
4. Boehm, H. P. Surface oxides on carbon and their analysis: A critical assessment. Carbon 2002. V. 40. P. 145–149.
5. Patent 3717494 US. Process for the production of color black by the furnace process./ Jager G., Kuhner G. — Fil. 28.05.1970.
6. Patent 48793354 US. Carbon black pigments./Fumio Hirota, Tsutomu Kado, Shosuke Oku, Noboru Watanabe. — Fil. 22.09.1987.
7. Patent 6120594 US. Hydrogen peroxide oxidation of carbon black / J. C. Curtis, A. Joyce, R. L. Taylor. — Fil. 28.04.1999; iss. 19.09.2000.
8. Patent 6471933 US. Ozone-oxidized carbon black composition with low conductivity and improved color./ Dotson. A. O. — Fil. 26.02.1997.
9. Patent 3216843 US. Treatment of carbon black./ Heller G. L., Mcrec N. N. — Fil. 21.12.1962.
10. Patent 3245820 US. Preparation of long-flow carbon black./ Eckert F. J., Melore P. J. — Fil. 07.02.1963
11. Patent 3279935 US. Oxidation of carbon black./ Daniell A. E., Peterson W. R. — Fil. 11.06.1963.

# ИНФОРМАТИКА

## Внедрение информационно-технологических сред в образовательную среду

Ковалёв Александр Игоревич, студент

Арзамасский филиал Нижегородского государственного университета имени Н. И. Лобачевского

*Вопрос, затронутый в данной статье, затрагивает тему использования информационных сред в образовательной области. В качестве примера приводится то, какая работа в данной области была проделана в Арзамасском филиале ННГУ. Рассмотрен вопрос информатизации образовательной сферы как отдельного университета, так и общества в целом, описаны проблемы, с которыми сталкиваются образовательные учреждения при внедрении технологических инноваций в свою деятельность. Помимо этого рассмотрены некоторые варианты устранения возникающих проблем. Приведены примеры и описаны некоторые положительные и отрицательные аспекты внедрения новых технологий.*

**Ключевые слова:** технологическая среда, информационная среда, информатизация, образовательный процесс, роль технологических инноваций.

## Introduction of information and technological environments in educational environment

Kovalev Alexandr Igorevich, student

The N. I. Lobachevsky state university Arzamas branch, Arzamas, Russia

*Question of this article regards of the introduction of the information environment in the educational area. As an example, what kind of work in this area has been done at the N. I. Lobachevsky state university Arzamas branch. The question of informatization of educational area is not only the individual university, but also society as a whole. Describes the problems faced by educational institutions in the implementation of technological innovations in its activities. In addition, we consider some options for addressing the problems. Offered examples and describe some of the positive and negative aspects of the introduction of new technologies.*

**Keywords:** technological environment, information environment, informatization, educational process, the role of technological innovations.

Век информационных технологий огромное значение придается информации, сегодня информационная необходимость практически стоит на одном уровне с необходимостью в еде и воде, нет информации — нет жизни, разумной жизни. С развитием информационной сферы, человеку приходится подстраиваться под собственные творения, т.к. их использование существенно облегчает его работу, а к более совершенным технологиям он еще не добрался, не придумал.

Создание электронных вычислительных машин (ЭВМ) существенно продвинуло прогресс вперед. ЭВМ стали применять совершенно во всех направлениях деятельности, ведь они в разы облегчают работу, а иногда

и полностью могут заменить человека, делая за него однообразную работу быстрее и безошибочно. Образовательная сфера так же была подвержена информатизации, существенно был переработан процесс обучения новых кадров, процесс обучения встал на совершенно новый уровень.

Для внедрения информационной и технологической сфер в работу университетов, были созданы специальные технические отделы. Например, в Арзамасском филиале ННГУ был создан отдел «информационных технологий» («Центр информационных технологий», ЦИТ). Сотрудники данного отдела занимаются такими вопросами как, например, компьютеризация аудиторий, создание внутренних локальных



сетей, обеспечение связи между зданиями и корпусами филиала, обеспечение доступа к сети Интернет, поддержка исправной работы оборудования и т.д.

В последние годы сеть Интернет активно используется на всех уровнях образовательной деятельности. Многие учебные заведения стали создавать собственные сайты, на которых предоставляют исчерпывающую информацию о структуре, правовой документации, планах образовательного процесса и других сферах деятельности. Арзамасский филиал ННГУ как все ВУЗы России так же имеет свой сайт <http://www.arz.unn.ru/>, на котором размещена вся информация об университете и его работе.

Разработкой и обеспечением сайта занимается ЦИТ. В обязанности входит такая работа, как: оформление сайта, размещение необходимой документации, своевременное обновление новостей и т.п. На сайте АФ ННГУ для всех факультетов и направлений можно найти ссылки на учебный план (так же к ним доступны аннотации, и будущие специалисты могут узнать, чему их будут обучать на выбранной специальности), расписание занятий на семестр, расписание зачетов и экзаменов и т.п. информацию, полезную обучающимся. Имеются ссылки на контактные данные администрации университета, что позволяет уточнить какую-либо информацию, получить ответы на возникшие вопросы. Информатизирована работа приемной комиссии, что позволяет процесс набора, зачисления абитуриентов в состав студентов по результатам ЕГЭ сделать максимально прозрачным, удобным и для поступающих в ВУЗ, и для контролирующих органов.

Но информатизация затрагивает не только учебный и образовательный процессы, но и экономическую сферу университета как предприятия. Все учебные заведения ведут бухгалтерский учет. Деятельность бухгалтеров в ВУЗе во многом подверглась реформам благодаря внедрению новых технологий. Компьютерный расчет существенно облегчил работу бухгалтера, взяв на себя ее вычислительную часть. Такое нововведение позволило сократить численность персонала бухгалтерии. Но требования к работникам возросли — теперь им требуется не просто понимать бухгалтерский учет и уметь работать с бумагами, но также уметь работать с новым программным обеспечением, созданным специально для них. Для облегчения работы, бухгалтеры используют, например, пакет программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, Access и т.д.).

В Арзамасском филиале ННГУ бухгалтерия использует продукты фирмы «1С» такие как «1С: Предприятие», «1С: Бухгалтерия» и т.п. Данные продукты были созданы фирмой «1С» специально для бухгалтерии предприятий и содержат в себе все тонкости бухгалтерской работы. Но для построения корректной работы бухгалтеров, требуются люди на должность «ведущих программистов», которые одинаково хорошо разбираются как в бухгалтерском учете, так и в программировании.

Внедрение технических и информационных инноваций в образовательную сферу ведет к созданию системы от-

крытого образования. Использование современных образовательных технологий в традиционной системе образования постепенно ведет к тому, что будет стираться грань между очными, заочными и дистанционными формами обучения [2, с.88]. Введение таких существенных преобразований имеет не только положительные перспективы, но и вызывает ряд проблем, которые предстоит решить для построения эффективной и надежной системы образования, переподготовки, повышения квалификации.

Таковыми положительными примерами внедрения информационных технологий в образовательный процесс можно назвать:

- Улучшение качества образования, в том числе за счет увеличения возможностей обучающихся, их доступа к ранее недостижимым образовательным ресурсам, к материалам компьютерного тестирования при самостоятельной работе и самоконтроле [3].

- Облегчение работы преподавателей с использованием электронных учебников, тестов в электронном виде с автоматической обработкой результатов и т.д.

- Возможность создания и использования систем и программ, в которых учащийся становится участником компьютерной модели, отображающей окружающий мир [3].

- Систему дистанционного обучения «Прометей», представляющую собой мощный программный комплекс, который может использоваться как для обучения (в том числе и дистанционного), так и для контроля и оценки качества знаний студентов. В СДО «Прометей» имеется возможность создавать электронные учебники, пособия, методические рекомендации, тестовые задания различного уровня трудности с учетом особенностей преподавания конкретной дисциплины [4].

Отрицательные последствия внедрения подобных инноваций в образовательную среду:

- Информационная перегрузка участников организационного и образовательного процесса. Избыток информации служит причиной переутомления, снижения качества мышления, способствует возникновению депрессий и других проблем здоровья среди образованных членов современного общества [3].

- Постоянное сидячее положение не очень хорошо сказывается на здоровье организма, работа за компьютером дает постоянную усиленную нагрузку на глаза, потеря по каким-либо причинам обработанной и несохраненной информации приводит к стрессу. Это в свою очередь негативно влияет на психологическое и физическое состояние учащихся [3].

- Несоблюдение правовых норм, сложность констатации нарушения авторских прав, бесконтрольное копирование и использование чужой интеллектуальной собственности [3].

- Неконтролируемые изменения образа жизни пользователей информационных технологий, когда компьютерные технологии берут на себя доминирующую, ведущую роль и теряется грань между реальной и виртуальной жизнью. Огромные временные затраты на беспо-

лезные компьютерные программы, не связанные с профессиональной и учебной деятельностью.

Процесс внедрения новых технологий в образовательную сферу не может произойти мгновенно, так как является процессом постепенным и непрерывным [1, с.83]. Для получения желаемого результата от введения технических инноваций в процесс обучения необходимо, чтобы этот процесс контролировался на государственном уровне. Для успешного итога необходимо создание универсальных систем в образовательных учреждениях, чтобы информация, переданная от одного заведения другому, могла быть единообразно понята. Необходимо постоянное обновление оборудования в образовательных учреждениях, чтобы число задержек ответов по техническим причинам сокращалось.

Для решения проблемы с использованием интеллектуальной собственности, необходимо показать людям, что информация — такой же реальный продукт, что его

нельзя использовать нелегально и что это может повлечь за собой серьезную ответственность. Возрастает необходимость в ознакомлении учащихся с «информационным правом». В ВУЗах существуют дисциплины, включающие в себя ознакомление с подобными вещами.

Но прежде всего, нужно показать людям необходимость информатизации всех сфер деятельности на примере положительных результатов однопрофильных организаций. Необходимо мотивировать людей на использование информационно-технических инноваций, иллюстрацией более высоких показателей с наименьшими затратами при достижении основной цели.

Уже очевидно, что внедрение новых технологий — это еще один шаг на ступени развития человечества. Переход от одной формы образования к другой влечет за собой улучшение качества образования, и как следствие ускорение развития человека, приближение его к новым научным открытиям.

#### Литература:

1. Петухов, Е. И. Роль информационных технологий в повышении качества профессионального образования // Успехи современного естествознания. — 2013. — № 10. — с. 82–83;
2. URL: [http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10002155](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=10002155) (дата обращения: 28.04.2015)
3. Рапацевич, Е. В. Инновации в образовании: роль информационно-технологической среды // Успехи современного естествознания. — 2013. — № 10. — с. 86–88;
4. URL: [http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10002157](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=10002157) (дата обращения: 28.04.2015)
5. Информационные технологии в образовании [Электронный ресурс]
6. URL: [http://technologies.su/informacionnyie\\_tehnologii\\_v\\_obrazovanii](http://technologies.su/informacionnyie_tehnologii_v_obrazovanii) (дата обращения: 28.04.2015)
7. Сугробов, В. А. Тестовые технологии как средство эффективного контроля качества знаний студентов и элемент поддержки учебной деятельности // Информационные технологии и прикладная математика. Межвузовский сборник аспирантских и студенческих научных работ. — Арзамас: АГПИ, 2011. — 175 с. Часть 2.

## Автоматизированная деятельность отдела кадров

Султанова Бахыт Каиркеновна, кандидат педагогических наук, профессор;

Мухашева Галия Санатовна, магистрант

Карагандинский государственный технический университет (г. Караганда)

**А**втоматизированная деятельность является одним из важнейших факторов функционирования и развития организаций в условиях рыночной экономики. Эта деятельность постоянно совершенствуется в соответствии с объективными требованиями производства и реализации товаров и услуг, усложнением хозяйственных связей и т.п.

Изменение сложившейся системы управления порождается объективной необходимостью и закономерностями рыночной системы хозяйствования, связанными с удовольствием в первую очередь индивидуальных потребностей, обеспечением заинтересованности работников

в наивысших конечных результатах, использованием новейших технологий.

Современная система управления, отвечающая объективным требованиям действительности, логике и закономерностям социально-экономического процесса, должна быть гибкой и эффективной.

Необходимо отметить, что до недавнего времени само понятие «управлением персоналом» в управленческой практике отсутствовало. Однако, изменения, произошедшие в обществе в целом и управленческой деятельности, в частности, не обошли стороной и данную сферу приложения управленческого труда.



Этим самым, важнейшим направлением предприятий является автоматизация учета кадров. Автоматизация учета кадров сегодня приобретает особую значимость, поскольку позволяет реализовать, обозначить целый спектр вопросов адаптации индивида к внешним условиям, учета личного фактора в построении системы управления персоналом предприятия. Одной из задач автоматизированного рабочего места сотрудника отдела кадров является автоматизация подготовки и передачи распорядительной, плановой, учетной, рабочей и другой документации в виде печатных, электронных документов и фрагментов баз данных в другие автоматизированные рабочие места.

Для эффективной работы системы управления персоналом важно создать на предприятии единую автоматизированную сеть ПЭВМ, предусматривающую взаимный обмен кадровой информацией между всеми уровнями управления на базе современных средств передачи данных. Тенденции развития общества требуют безотлагательного решения проблемы опережающего развития системы кадрового учета на основе информационных технологий. Информатизация предполагает не только широкое использование информационных технологий в управлении персоналом, но и изменение содержания, методов и организационных форм кадрового учета.

В современных условиях претерпела существенные изменения мотивации руководства персонала: преобладающее значение приобрели социально-экономические и социально-психологические методы управления персоналом над административными, руководство теперь направлено на осуществление сотрудничества персонала и администрации для достижения намеченных целей, получил развитие принцип коллегиальности в управлении.

Целью управления персоналом стало побуждение работников к развитию их способности для более интенсивного и продуктивного труда.

Главной целью системы управления персоналом на современном этапе являются:

- обеспечение трудовыми ресурсами,
- организация их эффективного использования, профессионального и социального развития.

Эффективное управление кадрами на современном этапе формируется не произвольно, а в соответствии с потребностями и целями производства. Поэтому состав кадров, организационная структура, требования к работникам зависят от содержания и трудоемкости функций управления кадрами и спецификой предприятия.

Эффективная система управления кадрами должна уметь приспосабливаться к изменяющимся целям объекта управления и условиям его работы, а также учитывать перспективы развития предприятия в целом.

Современному руководству в своей работе необходимо учитывать, что организационная структура и состав кадров оказывают огромное влияние на эффективность работы всей организации.

Тенденции развития общества требуют безотлагательного решения проблемы опережающего развития си-

стемы кадрового учета на основе информационных технологий.

Успешная автоматизированная система по развитию кадрового состава способствует созданию рабочей силы, обладающей более высокими способностями и сильной мотивацией к выполнению задач, стоящих перед организацией. Естественно, что это должно вести к росту производительности, а значит, и к увеличению ценности людских ресурсов предприятия.

Внедрение системы в практику повседневной деятельности предприятий позволяет сократить бумажные потоки документооборота в сфере управления и начать переход на применение безбумажных технологий управления, стандартизировать процесс делопроизводства, повысить эффективность управленческих решений на основе использования оперативной и достоверной информации, унифицировать формы представления отчетных документов [3].

Автоматизация деятельности отдела кадров позволяет эффективнее выполнять функции контроля над формированием фонда оплаты труда, правомерностью установления надбавок и доплат.

Важно автоматизировать не функции управления персоналом вообще, а именно те из них, которые важны на текущий момент и будут востребованы в ближайшее время. Избыточные функции системы затруднят работу пользователей и отнимут дополнительные ресурсы «компьютерного парка» компании.

Обычно среди автоматизируемых функций — основные и наиболее трудоемкие бизнес-процессы, связанные с управлением персоналом: прием на работу, перевод, увольнение, оформление отпусков и т.д. Также в автоматизации нуждаются такие процессы, как учет рабочего времени и начисление заработной платы. Компаниям, бизнес-процессы которых ориентированы на западные стандарты, необходима автоматизация планирования карьеры, управления обучением, подбора кандидатов, планирования организационной структуры и штатного расписания, самообслуживания. Такой функциональностью интересуются в первую очередь быстро развивающиеся компании либо предприятия с западным стилем менеджмента (в основном — представительства иностранных компаний).

Основные потребности большинства отечественных предприятий определяются двумя факторами: общей ситуацией с автоматизацией и требованиями законодательства. На сегодняшний день автоматизация учета кадров на многих предприятиях — «кусочно-лоскутная»: приказы печатаются в «Word», кадровый учет ведется в «Excel», зарплата считается в «1С». При большой численности работников трудозатраты на получение статистических данных, а также на проверку информации, получаемой руководством из разных подразделений, непомерно возрастают. Поэтому первостепенная задача — наладить учет основных бизнес-процессов (навести элементарный порядок в кадровом учете).

Необходимо отметить, что, несмотря на растущий спрос, автоматизация управления кадрами не является наиболее приоритетной задачей автоматизации в большинстве компаний. В первую очередь автоматизируются бухгалтерский, налоговый, производственный и оперативный учет. Поэтому бюджеты проектов по автоматизации управления кадрами существенно меньше бюджетов на автоматизацию, скажем, бухгалтерского учета, хотя по трудозатратам эти задачи вполне сравнимы. Довольно часто по этой причине на первом этапе автоматизации приходится ограничиваться решением наиболее важных и сложных задач.

Автоматизация любого процесса это серьезный проект, требующий постоянного внимания и участия будущих пользователей. В силу слабой формализации процессов кадрового менеджмента управленческие модули информационных систем управления кадрами не диктуют жестких моделей и схем. Автоматизация отдела кадров — процесс не только технический, но и творческий. К сожалению, в разработке информационных систем профессиональные кадровики принимают недостаточное участие, а заложенные в системы «книжные» модели управления кадрами не всегда пригодны для реальных управленческих процессов. Профессионализм и практический опыт специалистов-кадровиков, четкое понимание задачи и творческий подход к делу будут очень уместны для развития корпоративной системы управления кадрами.

Отдел кадров для обеспечения функционирования различных подразделений и служб подготавливает значительный объем распорядительной, плановой, учетной, рабочей и другой документации.

Оптимизация работы персонала, рост профессионализма специалистов по работе с персоналом приводит к тому, что деятельность по управлению кадрами становится все более технологичной, системной и качественной. Успех любой компании зависит часто от того, насколько эффективным будет работа отдела кадров, задача которого — найти и удержать нужных специалистов, а также правильно распределить имеющиеся трудовые ресурсы. Иногда при этом приходится вносить коррективы в структуру компании. Соответственно растут и потребности в эффективных инструментах управления потоками информации. В связи с этим разработчики автоматизированных систем должны уделять больше внимания развитию программных продуктов по управлению человеческими ресурсами, искать пути объединения необходимых функций в единую информационную систему управления кадрами.

Программы расчета зарплаты позволяют полностью автоматизировать расчет заработной платы для предприятий, использующих окладную, повременную или сдельную оплату труда. Чаще всего они востребованы в организациях, где функциональные возможности бухгалтерских программ не позволяют автоматизировать процесс расчета зарплаты из-за сложности начислений и удержаний, которые разработчики бухгалтерских систем не включают в состав своих коробочных продуктов.

Типичным примером является «1С: Зарплата и кадры».

Характерной чертой программ учета кадров является возможность автоматизировать работу отдела кадров, в частности, выписку всех необходимых документов и ведение картотеки сотрудников с обширными данными личных карточек. Программы для управления кадрами (учет персонала), как правило, содержат все утвержденные формы отчетов по состоянию и движению сотрудников и помогают решать отделу кадров вопросы кадровой политики на предприятии. [2]

Эффективность функционирования системы управления персоналом в значительной степени зависит от информационной базы. Основной источник первичной информации для создания информационной базы — это документы отделов кадров (личные листки по учету кадров, личные карточки работников, личные дела), приказы и распоряжения, издаваемые руководством учреждения в отношении личного состава работников, первичная учетная и отчетная документация о выполненных работах и произведенной оплате, документация непромышленных структурных подразделений, обслуживающих учреждение.

Другой источник информации — сами работники со своим мнением по тем или иным вопросам, материалы социологических исследований, результаты психофизиологических исследований (тестирование работников). В данном случае важно обеспечить защиту социологической информации, носящей конфиденциальный характер. Прежде всего, это касается мнений работников при изучении межличностных отношений в коллективе.

Ориентация кадровой работы на развитие собственной рабочей силы не может быть успешной без знания издержек на рабочую силу, вложений в человеческий капитал (затраты на оплату труда, обучение, медицинское обслуживание, социальные услуги). Необходимость сбора, хранения, переработки, анализа большого объема разнообразной кадровой информации, предоставления ее пользователям (субъектам управления — кадровой службе и руководителям) в удобной форме ставит задачу создания в учреждении соответствующей информационной системы.

Составными элементами такой системы являются оборудование и материалы для сбора, хранения, обработки, поиска и выдачи необходимых данных по кадрам учреждения, надлежаще организованный учет, приспособленный для информационного обеспечения решения кадровых задач, совокупность приемов и методов пользования данной системой, специалисты по информатике, потребители информации.

Основу автоматизированной системы должен составлять единый массив, отражающий информацию о каждом работнике, его окружении и внешних по отношению к нему условиях работы, что в свою очередь требует определенной организации информации и методов оперирования с массивом данных.

Для эффективной работы системы управления персоналом важно создать на предприятии единую автоматизированную сеть персональных компьютеров, предусматри-

вающую взаимный обмен кадровой информацией между всеми уровнями управления на базе современных средств передачи данных. [1]

Тенденции развития общества требуют безотлагательного решения проблемы опережающего развития системы кадрового учета на основе информационных технологий.

Автоматизация предполагает не только широкое использование информационных технологий в управлении персоналом, но и изменение содержания, методов и организационных форм кадрового учета.

Поиск решения для автоматизации управления кадрами — это не только выбор программного пакета, хотя система управления персоналом в компании и строится именно на основе функциональных возможностей программного продукта. Поэтому необходимо убедиться, со-

ответствует ли данная функциональность требованиям к системе. Следует внимательно относиться к заявлениям о том, что некоторые требования к системе являются нецелесообразными, поскольку они часто основываются на том, что на основе конкретного программного продукта реализовать их невозможно.

Автоматизированная система управления кадрами позволяет вести учет работников, издавать и регистрировать приказы, следить за предоставлением отпусков, получать разнообразную аналитическую информацию и решать многие другие задачи. Программы управления человеческими ресурсами помогают не только эффективно распределять трудовые ресурсы и управлять капиталом, но и являются источником, из которого служащие могут получать сведения как корпоративного, так и индивидуального характера.

#### Литература:

1. Автоматизированные информационные технологии в экономике: Учебник / Под ред. проф. Титоренко Г. А.. М.: Компьютер, ЮНИТИ, 2003.
2. Алексеев, А., Безбородов А., Волков А., и др. 1С: Предприятие 8.0 Конфигурация «Зарплата и Управление персоналом» редакция 2.0. Описание. — М.: Фирма «1С», 2004. — 243 с.
3. Авдеевский, А. Б Безбумажный документооборот. — [www.ustu.ru](http://www.ustu.ru)
4. Автоматизированные рабочие места / [http:// www.forgmoza.ru](http://www.forgmoza.ru)
5. Основы социального управления./ Под ред. В. Н. Иванова. — М., 2001.
6. Маслов, Е. В. Управление персоналом предприятия. — М.: ИНФРА-М; Новосибирск: НГАЭиУ, 2000. — 312с.
7. Донцова Л, В., Никифоров Н. А. Анализ финансовой отчетности: Учеб. пос. — М.: Дело и сервис. — 2004—336 с.
8. Комаров, Е. И. Стимулирование и мотивация в современном управлении персоналом // Управление персоналом. — 2002. — № 1. — с. 38—41.

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

## Задача определения распределения электрического поля и концентрации в изотропной проводящей среде

Багутдинов Равиль Анатольевич, аспирант, ассистент  
 Национальный исследовательский Томский государственный университет

*В данной работе ставится задача определения распределения электрического поля и концентрации в изотропной проводящей среде, находящейся внутри плоского канала постоянного сечения, верхняя и нижняя стенки которого частично являются электродами, а частично изоляторами.*

**Ключевые слова:** электрическое поле, концентрация, электроды, транзистор.

## The task of determining the electric field distribution and concentration in an isotropic conductive medium

Bagutdinov Ravil Anatolyevich, postgraduate student, assistant  
 Tomsk Polytechnic University

*In this paper, the goal is the determination of electric field distribution and concentration in an isotropic conductive medium inside a channel of constant cross section, the upper and lower walls of which are partly the electrodes, and partly insulators.*

**Keywords:** the electric field, concentration, electrodes, transistor.

В данном случае электрическое поле потенциально, т.е. его можно представить, как градиент некоторого потенциала.

Для введенного потенциала можно сформулировать краевую задачу.

В плоской области А и В (верхняя и нижняя границы) найти решение уравнения Лапласа

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \tag{1}$$

со смешанными граничными условиями.

На электродах задаются потенциалы ( $V_3$ -на затворе,  $V_и$ -на эмиттере):

$$\Gamma_1, \Gamma_2 : \varphi = \pm V_з; \quad \Gamma_3 : \varphi = \pm V_и.; \quad \Gamma_4 : \varphi = 0 .$$

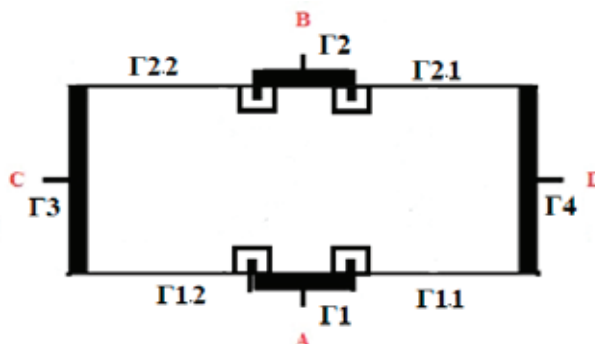


Рис. 1. Расчетная схема транзистора Шоттки

$$\Gamma 1.1, \Gamma 1.2, \Gamma 2.1, \Gamma 2.2: \frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0 \quad (2)$$

На изоляционных стенках нормальная составляющая плотности тока  $\mathbf{j}_n = \mathbf{0}$ . Откуда следует граничное условие для потенциала на верхнем и нижнем изоляторах:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0; \quad (3)$$

Для решения задачи (1.1) — (1.3) в окрестностях стыков электродов и изоляторов использовалось разложение потенциала в ряд Фурье, которое получается из аналитического решения задачи о распределении потенциала электрического поля вблизи края заряженной полуплоскости.

Решая методом разделения переменных, получаем представление искомой функции в полярных координатах

$$\varphi = V + \sum_{i=0}^{\infty} C_i r^{\left(\frac{1}{2}+i\right)} \sin\left(\frac{1}{2}+i\right) \varphi, \quad (4)$$

где коэффициенты ряда определяются по общему правилу как коэффициенты ряда Фурье.

Расчетная область разбивается прямоугольной сеткой с постоянным шагом  $h$  ( $h_x = |x| / (n_x - 1)$ ,  $h_y = |y| / (n_y - 1)$ ). Точки стыка размещаются в узлах сетки. Расчет производился на сетках  $80 \times 26$ , что позволило определить влияние сгущения узлов сетки для более точного определения потенциала вблизи точек особенности. Задача с граничными условиями решалась численно.

Дифференциальное уравнение аппроксимируется общепринятой центральной разностной схемой типа «крест», и решение в них определяется итерационным методом Гаусса-Зейделя. Верхняя (А) и нижняя (В) граница разбиваются на три одинаковых отрезка. На середине отрезка верхней и нижней границе задаются параметры решения уравнения Лапласа.

При расчете концентрации использовался метод Лакса, который имеет второй порядок и имеет характер сглаживания, поэтому в данном случае наиболее подходящий.

В процессе решения задачи также использовались ниже приведенные формулы:

$$r = \frac{u \cdot \Delta t}{h_x} < 1 \quad (5)$$

Литература:

1. Васенин, И. М., Нариманов Р. К. Определение параметров магнитогидродинамического течения в канале МГД-генератора с учетом краевых эффектов электрического поля., г. Томск, 2006.
2. Вячистый, Д. Ф., Нариманов Р. К. Гидродинамическая двумерная модель GaAs полевого транзистора Шоттки с учетом особенностей электрического поля., г. Томск, 2006.
3. Иващенко, В. М., Митин В. В. Моделирование кинетических явлений в полупроводниках. Метод Монте-Карло. — К.: Наукова думка, 1990. — 192 с.
4. Флетчер, К.. Вычислительные методы в динамики жидкостей 1–2 Тома — Мир, Москва, 1991.

где  $u$  — компонента скорости перемещения электронов,  $t$  — время,  $h_x$  — шаг.

Компоненты скорости определялись как произведения компонентов производных токов (1.7) и удельной проводимости проводника:

$$u = \delta \cdot J_x; \quad v = \delta \cdot J_y \quad (6)$$

$$J_x = \frac{\partial \varphi}{\partial x}; \quad J_y = \frac{\partial \varphi}{\partial y} \quad (7)$$

Расчетное время также определялось двумя компонентами:

$$\Delta t(x) = \frac{0.85 \cdot h_x}{u_{\max}} \quad \Delta t(y) = \frac{0.85 \cdot h_y}{v_{\max}} \quad (8)$$

Расчет проходили в несколько этапов:

- 1) Определение методом Гаусса-Зейделя значений функции в узлах области А и В;
- 2) Определение производных диффузионных токов  $J_x$ ,  $J_y$ .
- 3) Вычисление времени, скоростей и концентрации распространения заряженных частиц в расчетной области.
- 4) Вычисление коэффициентов разложения  $C_1$ ,  $C_2$  для областей на границах  $\Gamma 1$ - $\Gamma 1.2$ , затем для границ  $\Gamma 2.1$ - $\Gamma 2$ ,  $\Gamma 2$ - $\Gamma 2.2$  и  $\Gamma 1$ - $\Gamma 1.2$ ;
- 5) Вычисления значений потенциала в узлах особых областях

### Заключение

В работе проводились исследования на величину потенциала затвора, позволяющие определить его влияние на характер прохождения электронов. В результате, чем выше значение потенциала на затворе, тем выше вероятность запираания транзистора.

Показано, что для исследуемой модели транзистора определение с высокой точностью полей электрической напряженности в местах стыка электрода и изолятора большого значения не имеет, в связи с тем, что окончательное запираение канала происходит на центральной оси устройства и максимально удалено от мест особенности.



5. Kohn, E. V-shaped-gate GaAs MESFET for improved high frequency performance//Electronics Letters, 1975, V.11, № 8, p.160.
6. Wang, Y. J., Lu S. S. Two-dimensional simulation for the GaAs V-groove gate MESFET's // Solid State Electronics, 1999, V.43, № 2, p.229.

## Роль бережливого производства в современном мире

Виноградов Василий Юрьевич;

Сайфуллин Альберт Аглямич, инженер

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева

Виноградова Наталья Вадимовна, студент

Казанский (Приволжский) федеральный университет

Гибадуллин Радик Зуфарович

Казанский государственный аграрный университет

*В статье рассмотрены история возникновения и основные принципы концепции бережливого производства. Представлены возможности его внедрения и положительный эффект.*

В свете ухудшающейся экологической обстановки правительства различных стран начинают требовать от промышленных компаний более ответственного отношения к негативному воздействию, оказываемому на окружающую природную среду. Бережливое производство дает возможность сократить ресурсы, используемые для поддержки экономики, что не только позитивно сказывается на себестоимости производства, но и позволяет избежать многих проблем в долгосрочной перспективе. Для этого необходимо сосредоточиться на более рациональном использовании ресурсов, вместо наращивания производственных мощностей, сопровождающегося ростом потребления сырья [1].

Бережливое производство (Lean Production) — концепция управления производственным предприятием, основанная на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь (lean означает «стройный», «щадающий», «рачительный»).

Концепция берет свое начало из принципов компании «Toyota» и позволяет организовать производство продукции с минимальными затратами в кратчайшие сроки и при этом добиваться того уровня качества, которого требует клиент.

В 50-е годы XX века создатель производственной системы компании «Toyota» выделил 7 видов потерь:

- потери из-за перепроизводства;
- потери времени из-за ожидания;
- потери при ненужной транспортировке;
- потери из-за лишних этапов обработки;
- потери из-за лишних запасов;
- потери из-за ненужных перемещений;
- потери из-за выпуска дефектной продукции.

Восьмую в своей книге «Путь развития Toyota» сформулировал Джеффри Лайкер, обозначив как «нерезализованный творческий потенциал сотрудников» [2,3,4].

Чтобы сократить беспорядочные действия достаточно выделить аспекты, на которых следует концентрироваться в первую очередь:

Сложность — исключение или сокращение количества сложных технологических решений, поскольку они, как правило, требуют больших затрат и являются более сложными для контроля;

Труд — сокращение «ненужных» действий рабочих;

Перепроизводство — изготовление продукции в нужных объемах для немедленной поставки потребителю, вместо загрузки складов;

Пространство — рациональное использование рабочего пространства благодаря более удобному размещению оборудования, конвейеров, рабочих станций и сокращению складских помещений;

Энергия — рациональное использование энергии, энергоэффективное производство;

Дефекты — максимальное сокращение дефектов за счет более совершенного технологического цикла;

Сырье — стремление к стопроцентному использованию сырья и минимизация промышленных отходов; все материалы должны превращаться в конечный продукт.

Простои — недопущение простоев оборудования, производство должно идти единым слаженным потоком;

Время — исключение задержек, долгой настройки или вынужденного бездействия оборудования.

Транспортировка — исключение ненужных шагов по перемещению материалов, людей или информации, которые не влияют на конечную ценность;

Безопасность труда — исключение или сокращение риска для сотрудников.

Повысить энергоэффективность можно за счет более рационального использования рабочего пространства, сокращения потребности в транспортировке обрабатыва-

емой продукции из одного подразделения в другое и снижения количества дефектов, нуждающихся в ликвидации.

Сократить объемы потребляемого сырья можно с помощью тщательного контроля за материалами, снижением числа дефектов и объемов промышленных отходов. Если материалы своевременно используются и не залеживаются на складе, это снижает риск их порчи и связанных с этим экономических потерь. Также это позволит сократить складские запасы, соответственно, и занимаемые площади.

Лин-философия предлагает сокращение объемов промышленных отходов, утилизация которых стоит компаниям немалых затрат, опираясь на принцип: «отходы — это потерянный ресурс». Реализация данной политики осуществляется через постоянную оценку затрат во всех производственных процессах, вовлечение сотрудников в экономию ресурсов, разработка мер по переработке и вторичному использованию материалов. Главное — системный подход и постоянное совершенствование.

Бережливое производство затрагивает и непрямые усовершенствования, а именно позволяет:

- повысить надежность поставок;
- сократить технологический срок выпуска продукции;

Литература:

1. Горин, И. А. «Внедрение системы бережливого производства на российских промышленных предприятиях»;
2. Сигео, С. «Изучение производственной системы Тойоты с точки зрения организации производства»; М, 2010;
3. Глушитель шума автотранспортных средств. Чернобровкина А., Виноградов В. Ю., Сайфуллин А. А., Джанибеков О. Т в сборнике: Поиск эффективных решений в процессе создания и реализации научных разработок в российской авиационной и ракетно-космической промышленности. Международная научно-практическая конференция. Казань, 2014 г. С.68–69.

– повысить общее качество продукции.

В настоящее время данную концепцию применяют мировые индустриальные лидеры, такие как «Ford», «Boeing», «Airbus», «GE», «Scania», «Alcoa», «Херох», и сотни отечественных предприятия («РУСАЛ», «Группа ГАЗ», «КАМАЗ»).

Выводы:

Многие отрасли, такие как машиностроение, по своей сути является не слишком экологичными, а лин-технологии делают меры по защите окружающей среды финансово выгодными самой компании, за счет энергоэффективности и более рационального расхода сырья.

Позитивный эффект в сокращении урона, наносимого окружающей среде, позволяет также избежать дополнительных выплат, взимаемых во многих странах с производителей, отличающихся высоким потреблением ресурсов или большими объемами выброса вредных веществ.

Бережливое производство стало не только господствующей тенденцией в мировой экономике, оно также позволяет существенно снизить потребление ресурсов, делает промышленные компании более экологичными, кроме того, данная стратегия стала финансово привлекательной.

## Оптимальный метод скрепления нетканых материалов для медицинских изделий

Гордеева Анна Владимировна, бакалавр

Казанский национальный исследовательский технологический университет

Состояние здравоохранения в значительной степени зависит от его ресурсного обеспечения, и в первую очередь — современными высокоэффективными лекарственными препаратами, медицинской техникой и изделиями медицинского назначения. Повышение качества оказания медицинских услуг и, в первую очередь, обеспечение должного уровня санитарно-гигиенической безопасности пациента как потребителя данных услуг является одной из основных задач медицины. Достижение такого уровня требует применения соответствующих материалов и изделий из них.

Для выполнения своих функций хирургическая одежда и белье должны отвечать требованиям к выполнению ими барьерных функций, комфорту и удобству при работе, причем наиболее важными являются барьерные свой-

ства. Это необходимо для обеспечения главного требования — обеспечения безопасности пациента и медицинского персонала [1].

Широкое использование в медицине одноразовой медицинской одежды и белья является одной из важнейших социально значимых проблем практического здравоохранения. Решение задачи широкомасштабного внедрения в медицинскую практику конкурентоспособной, высокотехнологичной одноразовой медицинской одежды и белья позволит решить ряд приоритетных проблем здравоохранения, связанных с лечением наиболее распространенных заболеваний: сердечно-сосудистых, онкологических, инфекционных, а также охраны здоровья матери и ребенка и развития службы скорой медицинской помощи [2].



В последние годы, в нашей стране проблема внутрибольничной инфекции (ВБИ) приобрела особое значение в связи с увеличением частоты и тяжести послеоперационных осложнений, развитием таких заболеваний, как внутрибольничная пневмония, катетер-ассоциированный сепсис, инфекция мочевыводящих путей и др. Рост числа нозокомальных инфекционных заболеваний и осложнений является следствием целого ряда причин, к которым справедливо относят повышение инвазивности лечения и травматичности операционных вмешательств наряду с увеличением числа оперированных больных пожилого возраста, длительным пребыванием больного в стационаре, неадекватной антибактериальной терапией, иммунодепрессией [4].

Все перечисленные факторы, а также повышение вирулентности бактерий и увеличение количества резистентных больничных штаммов микроорганизмов приводят к колонизации госпитальной микрофлорой организма пациентов, вызывают повреждение органов, развитие системной воспалительной реакции, дальнейшее поражение слизистой оболочки кишечника, формируя тем самым «порочный круг» полиорганной недостаточности. Кроме того, остро стоит проблема защиты медицинского персонала от возможного заражения. Резко ухудшилась санитарно-эпидемиологическая обстановка в стране, происходит возрождение инфекционной патологии, отдельные забытые инфекции появляются вновь. В этих условиях все большее значение приобретает инфекционная защита врачей и медицинских сестер [5].

Особо высокие требования к защитным барьерам на пути проникновения биологических жидкостей и бактериального загрязнения предъявляются к текстильным изделиям, используемым в операционных — зоне повышенного риска инфицирования, как пациента, так и медицинского персонала [6].

Однако, в России одноразовая одежда пока еще не получила должного распространения в виду недостаточного финансирования лечебно-профилактических учреждений. Медицинский персонал мало информирован о возможностях и путях приобретения этой продукции. В связи с этим первоочередную роль играет внедрение и развитие отечественного производства одноразовых средств индивидуальной защиты.

Сегодня отечественные предприятия перенимают практику западных производителей и стремятся выпустить аналогичную продукцию.

### **Классификация изделий из нетканых материалов**

В соответствии с классификацией ассоциации Здравмедтех мягкий одноразовый инвентарь для медицинских учреждений в общем виде можно подразделить на следующие группы и подгруппы: халаты хирургические, комплекты, белье, бахилы, маски и т.д.

Халаты хирургические и медицинские являются наиболее широко используемым видом одноразовой одежды. Как правило, халаты изготавливаются из нетканых матери-

алов плотностью 20—25 или 35—42 г/кв.м. Халаты хирургические различаются по длине (стандартные длины: 110 и 140 см.), по типу рукава (с манжетой или на резинке). Кроме того, хирургический халат может иметь ламинированную переднюю поверхность и рукава. Халат медицинский может быть не только цельнокроеный (как хирургический), но и на пуговицах [8].

Единых комплектов одежды и белья не существует. Каждый производитель формирует комплекты исходя из требований клиентов, соответственно они могут включать в себя различные наименования изделий.

### **Требования к медицинской одежде**

Несмотря на большое многообразие видов одноразовой медицинской одежды, все они должны соответствовать государственным стандартам.

К нетканым материалам (НМ) для изготовления одноразовой медицинской одежды и белья взамен обычных хлопчатобумажных изделий (постельного белья, халатов для пациентов, посетителей и палатных сестер и т.д.) предъявляются требования в основном гигиенического характера.

К НМ для изготовления медицинских одноразовых средств индивидуальной защиты (МОСИЗ) и одноразовой хирургической одежды и белья (ОХОиБ) предъявляются совсем другие требования. В операционных, являющихся зоной повышенного риска инфицирования пациента и медицинского персонала, хирургическая одежда и белье должны играть роль барьеров, сводящих к минимуму распространение возбудителей заболеваний. Поэтому выбор материалов, из которых они изготовлены, играет очень важную роль. Нетканые материалы для хирургической одежды и белья представляют собой специально сконструированные материалы, обладающие целой гаммой свойств — высокими барьерными свойствами, прочностью, стойкостью к проникновению жидкостей, но при этом легкие и удобные. Для создания широкого ассортимента нетканых материалов, которым можно придавать те или иные свойства для удовлетворения конкретных потребностей, используются передовые технологии [8].

ОХОиБ, созданные из современных нетканых материалов, обладают сочетанием высоких барьерных свойств с рядом других важнейших качеств. Высокая воздухопроницаемость обеспечивает удобство применения, липкие края белья точно и аккуратно изолируют рану, а асептический обхват и низкий уровень образования ворса помогают обеспечивать стерильность операционной.

### **Виды швов, применяемые при изготовлении медицинской одежды**

При изготовлении одежды детали уравнивают по срезам, совмещают надсечки и соединяют швами различных видов. Швы по способу выполнения подразделяют на ниточные и клеевые, Уз-швы.

Ниточный шов представляет собой место соединения деталей изделия одной или несколькими строчками. Нитки в шве должны быть равномерно затянутыми.

Клеевые швы получают путем горячего прессования деталей, между которыми располагают слой клеевого материала. Швы соединения деталей должны соответствовать конструктивным линиям одежды и не иметь искривлений. Качество клеевых соединений деталей одежды зависит от правильного определения температуры, давления, времени прессования и толщины клеевого слоя в зависимости от вида ткани и назначения швов.

Швы с применением ультразвуковой сварки. С помощью УЗ сварки хорошо соединяются поликарбонат, стирол, полипропилен, поливинилхлорид, а также искусственные кожи, натуральные ткани с синтетическими волокнами и многие другие полимерные материалы, и их комбинации.

По конструкции и назначению швы подразделяют на соединительные, краевые и отделочные.

Соединительные швы применяют для скрепления деталей одежды.

Краевые швы для оформления краев и предохранения срезов ткани от осыпания нитей.

Отделочные швы для отделки деталей изделия. Швы выполняют различной ширины в зависимости от вида обрабатываемой ткани и предъявляемых к ним технических требований. Ширину шва определяют расстоянием от строчки до линии среза ткани по ГОСТ 12807—67.

Соединительные швы. Соединительные швы бывают стачные, расстрочные, настрочные, накладные, швы встык, двойные, запошивочные, швы взамок и стачивающе-обметочные.

Стачной шов — наиболее распространенный при изготовлении одежды из разных видов ткани. Шов используют для соединения основных деталей изделия, например, полочек со спинкой, а также для соединения деталей подкладки. Ширину стачного шва может быть различной и зависит от вида тканей и технических требований. При стачивании деталей верха и подкладки ширина шва принимается равной 1,0 см; при притачивании надставок к деталям верха из неосыпающихся тканей — 0,5 см, из осыпающихся тканей — 0,7 см; при стачивании разрезных выточек на деталях верха — 0,7 см, а на подкладке — 1,0 см.

Для получения шва одинаковой ширины в массовом производстве одежды применяют различные линейки-направители или лапки с направляющими бортиками.

Расстрочной шов широко применяется при изготовлении одежды из тканей и материалов, не поддающихся утюжке (прорезиненные ткани, искусственная кожа и др.). При выполнении шва детали складывают лицевой стороной внутрь и соединяют стачным швом, затем шов раскладывают на обе стороны и закрепляют строчками, т.е. расстрачивают. С лицевой стороны ткани строчки расстрачивания являются отделочными строчками деталей [9].

Настрочной шов служит для соединения деталей и одновременно для отделки изделия. Такие швы применяют при изготовлении пальто, костюмов, плащей (настра-

чивание боковых и плечевых швов, локтевых швов рукавов и др.), а также при выполнении рельефов, складок и т.п. Настрочные швы могут быть с открытыми и закрытыми срезами и с отлетными краями.

При выполнении настрочного шва с открытыми срезами детали складывают лицевой стороной внутрь, уравнивают по срезам и стачивают. Затем шов разутюживают и заутюживают в сторону детали, по которой будут настрачивать шов. Шов настрачивают с лицевой стороны ткани. Расстояние отделочной строчки от шва стачивания 0,2—2,5 см в зависимости от назначения шва и фасона изделия.

При выполнении расстрочных и настрочных швов с открытыми срезами ширина швов стачивания деталей должна быть на 0,5 см больше ширины отделочных швов.

При выполнении настрочного шва с закрытыми срезами детали складывают лицевой стороной внутрь по намеченной линии и стачивают, перепуская край нижней детали по отношению к верхней на величину, равную ширине отделочной строчки. Шов разутюживают, затем заутюживают и настрачивают с лицевой стороны детали.

Иногда при изготовлении верхней одежды применяют настрочной шов с отлетным краем. В этом случае детали складывают лицевыми сторонами внутрь и сметывают по намеченной линии, затем стачивают, срезы шва заутюживают и с лицевой стороны выполняют отделочную строчку. Строчку сметывания удаляют и шов приутюживают. Для получения ровных строчек обычно применяют специальные лапки и направляющие линейки [9].

Накладной шов, применяемый при обработке прокладок, выполняют следующим образом. Один срез накладывают на другой на 1,0 см и стачивают на универсальной машине или зигзагообразной строчкой на машине 26 кл. ПМЗ, располагая строчку посередине. Накладной шов можно выполнить с закрытым срезом, т.е. срез одной детали подгибают на величину, зависящую от назначения шва и вида применяемых тканей. Подогнутый край детали накладывают на другую деталь по намеченной линии или надсечкам и выполняют строчку. Расстояние отделочной строчки от подогнутого края 0,2—0,5 см; припуск ткани на шов 0,5—1,5 см.

Шов встык выполняют следующим образом. Срезы двух деталей прикрепляют встык двумя строчками к полоске ткани шириной 3—4 см (коленкор, шелк и др.), а края срезов деталей соединяют зигзагообразной строчкой.

Шов не требует влажно-тепловой обработки, не имеет утолщений, что делает его незаменимым при обработке бортовой прокладки в изделиях из тонких тканей. Шов встык можно выполнить при помощи клеевой полоски ткани шириной 2,0—2,5 см. В этом случае изготовление шва значительно упрощается: машинных строчек не требуется, клеевую ткань приклеивают при помощи утюга [9].

### **Соединительный строчный шов для изделий из нетканых материалов нитью**

Швы, которыми соединяют детали изделия из всех видов тканей, называются соединительными. Шов выпол-

няется прямой двухниточной строчкой. Детали изделия лежат по обе стороны от шва.

Соединительными швами стачивают плечевые, боковые срезы, срезы рукавов, в брюках соединяют боковые, шаговые срезы, средние срезы медицинских изделий из нетканых материалов.

К соединительным швам относятся: стачной, накладной, настрочной, встык, запошивочный, двойной швы. В основном для соединения деталей нетканых материалов используют стачной и накладной шов.

Данные виды соединительных швов имеют ряд плюсов: хорошие прочностные характеристики, низкая стоимость оборудования, большое количество квалифицированных специалистов, умеющих работать на данном оборудовании, высокая скорость производительности.

Этот способ соединения имеет и ряд недостатков, которые категорически противостоят требованиям к одноразовой медицинской одежде. При натяжении данного шва в местах прокола иглы отверстия увеличиваются в размерах. Это может привести к тому, что нарушится герметичность, и антибактериальные свойства будут утрачены. Большим минусом этих швов является расползание шва. При длительной операции это не допустимо [7].

### Ультразвуковая сварка

Наиболее распространенным методом сварки термопластичных серийных изделий является ультразвуковая сварка. Она отличается особым быстродействием (от долей секунды до нескольких секунд) и выполняет сварные швы, как правило, без образования выплесков. Кроме того, ультразвуковую сварку легко автоматизировать, и особенно она подходит для производства большого количества деталей [10].

### Технология

Главными переменными ультразвуковой сварки являются время сварки, время выдержки, давление и амплитуда колебаний. Время сварки — это период, в течение которого действуют колебания. Правильное время сварки для каждого случая применения определяется испытанием и погрешностью. Важно избегать избыточного сваривания. В дополнение, создание избыточных выплесков может потребовать зачистки, что может ухудшить

качество сварки и привести к неплотному соединению деталей, требующих герметичного спая.

Опыт, накопленный потребителями и заводами-изготовителями сварочного оборудования, показал, что для достижения требуемого качества сварки время сварки должно быть как можно меньше (по возможности, менее 1,5 сек). После воздействия ультразвука наступает короткая выдержка или время охлаждения. Время выдержки должно быть таким же, что и продолжительность цикла сварки [12].

Во время выдержки детали удерживаются обычно 0,5–1,5 секунды, если только внутренняя нагрузка не приводит к разъединению свариваемых деталей (например, в случае спиральной пружины, сжатой между деталями перед сваркой). Важным технологическим параметром является физическая амплитуда колебаний, воздействующих на свариваемые детали. Для того чтобы достичь эффективной и быстродействующей подводимой энергии в конструкционные полимеры, необходима высокая амплитуда колебаний 50–90 мкм.

Давление сварки создает силу статического электричества, необходимую для «сцепления» сварного наконечника с пластмассовыми деталями таким образом, чтобы в них можно было вызвать вибрации. Эта же статическая нагрузка обеспечивает скрепление деталей, когда в течение времени выдержки в месте стыка отвердевает расплавленный материал. Для хорошей сварки важно определить оптимальное давление. Если давление слишком мало, оборудование работает неэффективно, так как это приводит к излишне продолжительным циклам сварки. Если давление слишком велико относительно амплитуды колебаний в сварочном наконечнике, это может вызвать чрезмерную нагрузку, остановить наконечник и заглушить колебания [12].

В ультразвуковой сварке при низком давлении требуется высокая амплитуда, а при высоком давлении — низкая амплитуда.

Большая доля прироста продукции в текстильной промышленности будет достигнута в результате внедрения достижений науки и техники.

При выборе нетканых материалов для изготовления медицинских одноразовых средств индивидуальной защиты (халаты и др.) следует учитывать барьерные свойства этих материалов. Важнейшей характеристикой барьерных свойств является способность нетканого материала задерживать микроорганизмы (бактериальная проницаемость).

### Литература:

1. Бершев, Е. Н. Технология производства нетканых материалов. М.: Просвещение, 1987. — 226 с.
2. Зиниченко, В. Я. Современный уровень и перспективы применения одноразовой медицинской одежды и белья в РФ // Главная медицинская сестра, 2006, № 3.
3. Ручкин, А. В. Стандартизация одноразовой медицинской одежды и белья — одно из решений проблемы ВБИ / А. В. Ручкин, Ю. Ф. Дощичин, Б. М. Хабенский, Ю. П. Зубарев, С. А. Романова // Ремедиум, 2007, № 9.
4. Ильинская, Н. В. Безопасность при проведении оперативных вмешательств и новейшие средства профессионального ухода за ранами // Русский медицинский журнал, Т. 10, 2002, № 26.
5. Кулешова, Л. И. Инфекционный контроль в лечебно-профилактических учреждениях. — М.: Феникс, 2003. — 352 с.

6. Кузнецова, И.В. Одноразовые хирургическая одежда и белье: нормативные и существенные требования // Рынок легкой промышленности, 2010, № 80.
7. Мальнев, С.А. «Нетканые материалы». // Журнал «Нетканые материалы», № 3 (4), 2008
8. Мухамеджанов, Г. К. О классификации и терминологии нетканых материалов // Рабочая одежда и средства индивидуальной защиты. — 2007. — № 4 (39). — с. 18–19.
9. Мухамеджанов, Г. К. О проблемах классификации нетканых материалов // Легкая промышленность. Курьер. — 2009. — № 2. — с. 8–9.
10. Петушко, И.В. Ультразвуковые машины для шовной сварки мягких термопластичных материалов. // Промышленный каталог № 11, 30 марта, Москва, ИнформЭлектро., 1998.
11. Петушко, И.В. Ультразвуковые машины для прессовой сварки мягких термопластичных материалов // Промышленный каталог № 11.30.04–99, Москва, ИнформЭлектро., 1999.
12. Петушко, И.В. Ультразвуковые машины для прессовой сварки жестких термопластичных материалов // Промышленный каталог № 11.30.06–99, Москва, ИнформЭлектро., 1999.
13. Эксплуатационные свойства тканей и современные методы их оценки / Под общ. ред. П.А. Колесникова. — М.: Издательство научно-технической литературы РСФСР, 1960. — 475 с.

## Основы получения пенополиуретанов на ароматическом полиэфире

Даровских Илья Андреевич, аспирант;

Зубарев Павел Александрович, кандидат технических наук, преподаватель;

Лахно Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Достижения современной химии и технологии высокомолекулярных соединений дают возможность создавать более эффективные полимерные строительные материалы, в том числе теплоизоляционные [1].

Одним из самых эффективных теплоизоляционных материалов на сегодняшний день признан пенополиуретан, поскольку обладает уникальными характеристиками. Его применение возможно непосредственно на строительной площадке с использованием несложных напылительных и заливочных установок, при этом для крепления не требуются дополнительные операции и средства, так как полиуретан обладает высокой адгезией к большинству строительных материалов. Срок эксплуатации пенополиуретана без потери физико-химических свойств превышает 30 лет. Пенополиуретаны обладают одним из самых низких показателей теплопроводности для пенопластов (0,02–0,04 Вт/м.К). Пенопласты на основе полиуретанов обладают высокими прочностными и деформативными показателями, по сравнению с другими распространенными пенопластами [2].

По данным [3] мировое потребление полиуретанов в 2013 г. составило 19 млн. т (рост с 2010 г. — 24%). Самая значительная часть потребления приходится на полиолы, немного меньше приходится на изоцианаты. Объем Российского рынка пенополиуретанов составляет 300 тыс. тон в год, из них объем жестких пенополиуретанов составляет 150–170 тыс.тон в год. Прирост рынка жестких пенополиуретанов оценивается в приблизительно 15% [4]. Однако по итогам 2014 г. импорт основного ПУ-сырья в Россию составил 221.4 тыс. т, что на 5% ниже уровня

2013 г. [5]. Пенополиуретан выступает теплоизоляционным материалом в структурно изоляционных панелях (СИП), стенках морозильных камер, дверных полотнах, корпусах пчелиных ульев, в заделке швов и т.д.

Жесткий пенополиуретан (ППУ) формируется в ходе реакции двух жидких компонентов А и Б. При подборе рецептуры ППУ определяющими эксплуатационными параметрами являются теплопроводность, прочностные показатели, термостойкость, а также горючесть. К технологическим параметрам, оказывающим существенное влияние при подборе рецептур, относятся: соотношение компонентов А и Б, их вязкость, время старта и температура полимеризации.

Изменение основных эксплуатационных и технологических параметров теплоизоляционного и конструктивно-теплоизоляционного пенополиуретана чаще всего производится за счет коррекции состава компонента А [6]. В нашем случае основным веществом компонента А (гидроксилсодержащего компонента) является ароматический полиэфир (АрПол), полученный в результате переэтерификации отходов полиэтиленгликольтерефталата (ПЭТ) комплексом гликолей, имеющий гидроксильное число 350–360 мг КОН / г.

Процесс получения АрПол включает в себя: загрузку всех необходимых компонентов (отходы полиэтиленгликольтерефталата, моноэтиленгликоль, диэтиленгликоль, 1,4-бутандиол, дибутилдилаурата олова (ДБДЛО)) в нужных пропорциях в лабораторно — промышленный нержавеющей реактор-смеситель оснащенный тихой мешалкой и системой термостабилизации



с использованием узла высокотемпературного органического теплоносителя. Отведение паров воды и избытка моноэтиленгликоля, а также возврат паров диэтиленгликоля и 1,4-бутандиола, осуществлялось с помощью насадочной ратификационной колонки с флегмовым числом 10. Завершение процесса деполимеризации и перезтерификации производилось при достижении реакционной массы расчетного необходимого гидроксильного числа (ГЧ) 350–360 мг КОН / г, после чего полученный АрПол сливали, одновременно фильтруя, остужали и упаковывали для проведения дальнейших исследований.

К корректирующим добавкам относятся: вспенивающие агенты, катализаторы гидролиза и уретанообразования и пеностабилизаторы. В качестве компонента Б использовался полиизоцианат WANNATE PM-200 (ПИЦ).

Напыление пенополиуретана позволяет быстро формировать бесшовные теплогидроизоляционные покрытия, обладающие рядом уникальных свойств [7,8]. Заливка пенополиуретана позволяет производить утепление в недоступных для напыления местах, а также позволяет формировать декоративные теплоизоляционные изделия.

Для заливки и напыления на некоторых отечественных зарубежных установках возможно изменение соотношения компонентов А и Б в интервале от 1:2 до 2:1, что связано с необходимостью поддержания необходимого

баланса активных групп компонентов в смеси. Однако достижения современной технологии пенополиуретанов позволяет при соотношении компонентов 1:1 по объему, за счет корректирования тех или иных активных веществ, получать большинство распространенных жестких пенополиуретанов.

Между заливочными и напылительными системами существует различия технологических показателей, а именно время старта и время подъема, что достигается за счет применения различного количества катализаторов. В свою очередь варьирование количеством катализаторов приводит к изменению температурных параметров реакционной массы, а, следовательно, для получения необходимой плотности ППУ помимо количества вспенивающих агентов необходимо учитывать количество катализаторов.

Для получения интегрального пенополиуретана применение в качестве вспенивающего агента воды не допустимо, так как выделяемый при её реакции с изоцианатом углекислый газ имеет слишком высокое критическое давление и относительно низкую критическую температуру. Поэтому для поддержания баланса активных групп при использовании в качестве вспенивающего агента инертного компонента Хладон 141В и соотношении компонентов 1:1 по объему вводился глицерин (ГЛ), имеющий значительное количество активных ОН групп (табл. 1).

Таблица 1. Свойства разработанных пенополиуретанов

№ , п/п	Состав, масс.ч.	Кажущая плотность, кг/м <sup>3</sup>	Условный предел прочности при сжатии, МПа	Теплопро- водность, Вт/м <sup>2</sup> ·0С	Время старта, с.
1	АрПол –100 масс.ч.; Вода — 3,6 масс.ч.; Хладон 141В — 34 масс.ч.; Пента®-484–5 масс.ч.; ПИЦ — 145 масс.ч.	16	0,02	Менее 0,03	35
2	АрПол –90 масс.ч.; ГЛ –15 масс.ч.; Хладон 141В — 27 масс.ч.; Пента®-484–3 масс.ч.; ПИЦ — 140 масс.ч.	80	0,43	Менее 0,03	27
3	АрПол –100 масс.ч.; Вода — 3,2 масс.ч.; Хладон 141В — 33 масс.ч.; Пента®-484–5 масс.ч.; ДБДЛО — 0,2 масс.ч.; ДАВСО 33-LV — 0,6 масс.ч.; ПИЦ — 140 масс.ч.	18	0,02	Менее 0,03	≈2
4	АрПол –90 масс.ч.; Вода — 1,5 масс.ч.; Хладон 141В — 5 масс.ч.; Пента®-484–3 масс.ч.; ДБДЛО — 0,1 масс.ч.; ДАВСО 33-LV — 0,4 масс.ч.; ПИЦ –100 масс.ч.	83	0,44	Менее 0,03	≈2

Основной компонент, используемый в рамках работы, является активным за счет применения катализатора перэтарификации — дибутилдилаурата олова. В качестве дополнительных катализаторов для напылительных систем вводилось дополнительное количество ДБДЛО

и аминный катализатор DABCO 33-LV. Таким образом, для получения качественных теплоизоляционных пенополиуретанов с помощью напылительных или заливочных установок необходимо грамотно подобрать рецептуры.

Литература:

1. Воробьев, В. А., Полимерные теплоизоляционные материалы [Текст]:/ В. А. Воробьев, Р. А. Андрианов// М.: Издательство литературы по строительству, 1972. — 320 с.
2. Потапов, К. Н. Строительные материалы и изделия [Текст]: Учеб./ К. Н. Потапов, М. Б. Кадо; — М.: Высш. шк., 2001. — 367с.
3. Полиуретаны 2014: [Электронный ресурс] // Copyright © CREON Energy URL: <http://www.creonenergy.ru/consulting/detailConf.php? ID=109742> (дата обращения: 11.10.2015).
4. Полиуретаны 2013. [Электронный ресурс] // ООО Пластинфо URL: <http://plastinfo.ru/information/articles/431/> (дата обращения: 11.10.2015).
5. Полиуретаны 2015. [Электронный ресурс] // Copyright © CREON Energy URL: <http://www.creonenergy.ru/consulting/detailConf.php? ID=114711> (дата обращения: 11.10.2015).
6. Зубарев, П. А. Планирование оптимального соотношения компонентов в полиуретановой системе / П. А. Зубарев, В. О. Петренко, А. В. Лахно, Е. Г. Рылякин. Молодой ученый. 2014. № 6 (65). с. 164–166.
7. Зубарев, П. А. Защитные полиуретановые покрытия. [Текст] / П. А. Зубарев, А. Н. Бобрышев, А. В. Лахно, П. И. Эльперин. // Сборник XXVII МНПК «Экология. Производство. Общество. Человек. Новые химические технологии, защитные и специальные покрытия: Производство и применение». 2015. с. 53–59.
8. Зубарев, П. А. Износостойкие полиуретановые покрытия. [Текст]/ П. А. Зубарев, А. В. Лахно. Молодой ученый. 2014. № 20. с. 143–146.

## Разработка устройства и метода диагностики силового электроэнергетического оборудования

Мастепаненко Максим Алексеевич, старший преподаватель;  
 Габриелян Шалико Жораевич, доцент;  
 Воротников Игорь Николаевич, доцент;  
 Вахтина Елена Артуровна, доцент;  
 Шунина Анна Алексеевна, студент;  
 Савельева Елена Валерьевна, студент  
 Ставропольский государственный аграрный университет

Козьмина Ирина Сергеевна, доцент  
 Национальный исследовательский университет «МЭИ» (Московский энергетический институт)

Развитие электроэнергетики связано с созданием и внедрением автоматизированных систем управления технологическими процессами, систем комплексных испытаний, оперативного измерения и контроля параметров энергообъектов, электротехнических устройств и оборудования [1, с. 13–25, 2, с. 47–58]. Такие объекты контроля и испытаний в электроэнергетике, как энергоблоки электростанций, силовые подстанции являются объектами повышенной сложности с большим числом измеряемых и контролируемых параметров [3, с. 309].

Основная проблема в этом классе задач, как отмечается в [4, с. 69–78] состоит в обеспечении необходимого быстродействия измерительных процедур, обусловленного требованиями к оперативности контроля и испытания.

Индуктивные преобразователи и преобразователи со-противлений относятся к числу наиболее широко применяемых в информационно-измерительной технике при построении информационно-измерительных систем диагностики силового электроэнергетического оборудования [5, с. 170–175].

Так, например:

- с измерением индуктивности трансформаторов связаны добавочные потери в элементах конструкции трансформатора, что уменьшает его полезную мощность, к.п.д. и напряжения на вторичных обмотках и обуславливает потребление реактивной мощности [6, с. 39–41];
- а с измерением активного сопротивления связаны выявления таких дефектов как: разрушение высоко-

ковольтных вводов (22%), повреждение обмоток (16%), повреждения регуляторов под нагрузкой (РПН) (13%) и др [7, с. 31–32].

Маркетинговый анализ показал, что для реализации современных методов испытаний используются различные цифровые измерительные устройства, порой с идентичными характеристиками [5, с. 170–175]. Однако, предлагаемые рынком технические решения обладают рядом существенных недостатков, основным из которых является высокая длительность измерения, которая согласно рекомендациям по методам испытания лежит в пределах от 60 до 1000 секунд, пока прибор не примет стабильное значение. Это связано с тем, что во всех технических решениях предлагаемых отечественным и зарубежными рынками, измерения ПЭЦ осуществляется по окончании переходного процесса.

С целью устранения указанных недостатков, предложен новый метод измерения **параметров электрических цепей** (ПЭЦ) на примере понижающих подстанции 10/35/110 кВ, основанный на измерении мгновенных значений параметров переходных процессов, возникающих при подключении к измерительной цепи постоянного тока [8, с. 173–175, 9, с. 182–183]. Основные схемы замещения измерительных цепей (ИЦ) и модели выходных сигналов, которые могут быть использованы для определения ПЭЦ по мгновенным значениям переходных процессов представлены в [5, с. 170–175]. Где видно, что в общем случае рассматриваемый процесс имеет три параметра:

- напряжение  $U_0$ ,
- постоянную времени цепи  $\tau$ ;
- текущее время  $t$ , так как процесс не периодический.

Используя, данные подходы нами было предложено два новых алгоритма измерения индуктивности и активного сопротивления, основанные на алгоритмах численного дифференцирования второго порядка [10, с. 179–182].

Сущность предлагаемого метода заключается в том, что на последовательную индуктивно-активную цепь, один из элементов которой известен, подают напряжение постоянного тока; в произвольный момент времени измеряют первое мгновенное значение напряжения на средней точке измерительной цепи; через образцовый интервал времени с момента первого измерения измеряют второе мгновенное значение напряжения на средней точке цепи; через такой же интервал времени с момента второго измерения измеряют третье мгновенное значение напряжения на средней точке цепи и определяют неизвестный элемент цепи по измеренным значениям. Принцип работы устройства и один из вариантов его технического воплощения представлен в [11, с. 10–12, 12, с 1.].

$$L_x = - \frac{R_0 \Delta t}{\frac{\Delta t \tau (\mathcal{E}_0 - u(t_1))}{-u(t_3) + 4u(t_2) - 3u(t_1)}} \quad (1)$$

$$R_x = - \frac{L_0 \frac{\Delta t \tau (\mathcal{E}_0 - u(t_1))}{-u(t_3) + 4u(t_2) - 3u(t_1)}}{\Delta t} \quad (2)$$

В процессе проведения исследований предложена обобщенная функциональная схема информационно-измерительной системы контроля электрических параметров трансформаторной подстанции 10/35/110 кВ (рис. 1).

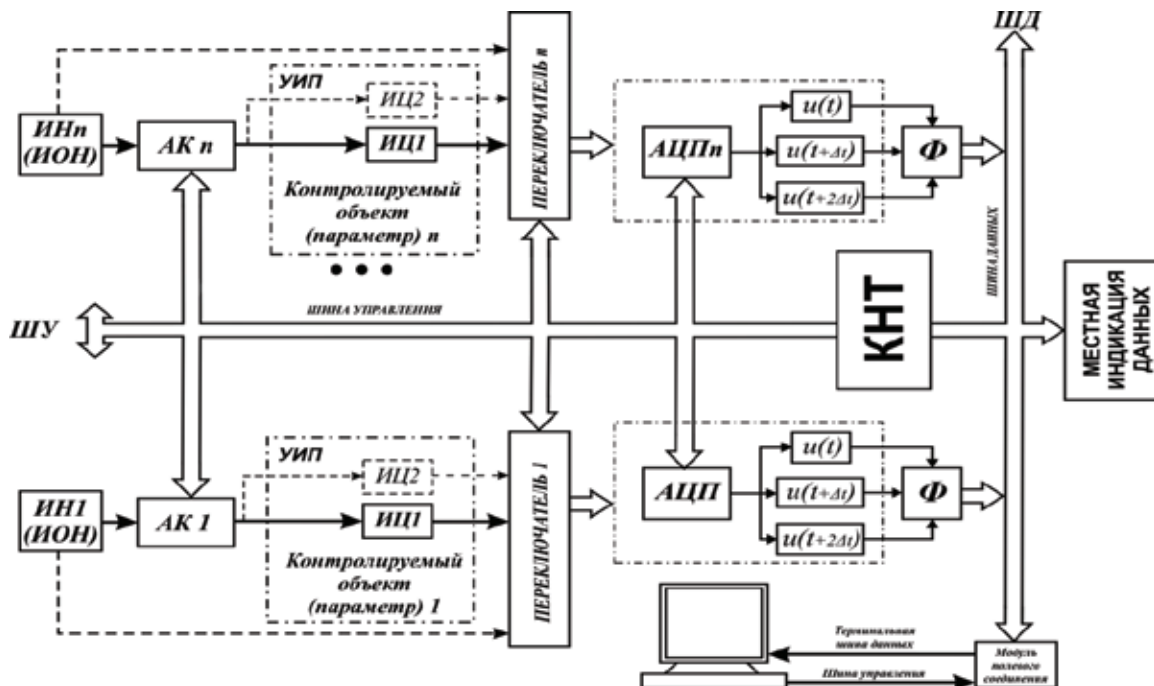


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема информационно-измерительной системы контроля электрических параметров трансформаторной подстанции 10/35/110 кВ



Функциональная схема измерительно-вычислительного устройства содержит источник напряжения постоянного тока ИН1 или источник опорного напряжения с известным и стабильным значением выходного напряжения ИОН, аналоговый ключ АК1, измерительную цепь ИЦ1, аналоговый переключатель ПЕР, аналого-цифровой преобразователь АЦП и контроллер КНТ либо другое вычислительное средство с шиной данных ШД и шиной управления ШУ.

Рассмотрим принцип работы устройства по ИЦ 1, так как по ИЦ 2 и др. он аналогичный.

КНТ поочередно по (Шине Управления) подает сигнал управления на КЛ 1 и КЛ 2, после чего они замыкаются, и напряжение  $U_0$  подается на измерительные цепи ИЦ 1 или ИЦ 2.

В момент времени  $t$  КНТ запускает АЦП 1. Мгновенное значение сигнала  $U_1$  на его входе, преобразуется в код и поступает в КНТ.

В контроллере производятся расчет контролируемого параметра (индуктивности или сопротивления), согласно предлагаемым алгоритмам.

При использовании устройства для измерения ПЭЦ нескольких объектов (например, датчиков) в систему добавляются идентичные измерительные каналы.

С целью уменьшения погрешности квантования, на выходе АЦП установлены дополнительные фильтры, так

как в алгоритмах используется операция дифференцирования [10, с. 179–182].

Моделирование системы показало, что при измерении индуктивности и сопротивления, погрешность не превышает  $\pm 0,18\%$  [13, с. 60–61]. Практически система может быть реализована через [14, с. 1].

Таким образом, основными достоинствами предлагаемой системы являются:

- сокращение времени измерений — за счет осуществления измерений контролируемых параметров еще до окончания переходного процесса по первым трем отсчетам (т.е. метод основан на экстраполяции контролируемой величины к установившемуся значению);

- возможность осуществлять обработку измерительной информации в цифровом виде и в реальном масштабе времени (за счет использования алгоритмов численного дифференцирования по Ньютону, где используются только наступившие отсчеты);

- а также повышение точности измерений, за счет того, что отсчеты производятся в произвольный момент времени (т.е. момент подачи скачка напряжения не связан с моментами времени взятия отсчетов), поэтому в предлагаемых алгоритмах устраняется погрешность, вызванная смещением нуля.

#### Литература:

1. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебное пособие / А. Ф. Шаталов, И. Н. Воротников, М. А. Мастепаненко, И. К. Шарипов, С. В. Аникуев. Ставрополь: АГРУС, 2014. 64 с.
2. Моделирование в электроэнергетике: учебное пособие / А. Ф. Шаталов, И. Н. Воротников, М. А. Мастепаненко, И. К. Шарипов, С. В. Аникуев. Ставрополь: АГРУС, 2014. 140 с.
3. Обзор и анализ существующих методов схемотехнической защиты от импульсных напряжений в электрических сетях / В. Я. Хорольский, А. Б. Ершов, В. Н. Шемякин, И. К. Шарипов // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сборник научных трудов. Ставрополь, 2009. с. 308–311.
4. Введение в специальность: учебное пособие / М. А. Мастепаненко, И. К. Шарипов, И. Н. Воротников, Габриелян Ш. Ж., А. В. Ивашина, С. В. Аникуев, В. Н. Шемякин. — Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. аграрного ун-та, 2015. 113 с.
5. Математические модели и методы обработки измерительных сигналов емкостных преобразователей на постоянном токе: монография / М. А. Мастепаненко, И. Н. Воротников, С. В. Аникуев, И. К. Шарипов. — Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного ун-та, 2015. 232с.
6. Габриелян, Ш. Ж., Папанцева Е. И., Минаев И. Г. Расчет первичных и волновых параметров высоковольтных кабелей с использованием программы SABEL // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сборник научных трудов. — Ставрополь: АГРУС, 2010. — с. 37–42.
7. Вострухин, А. В., Вахтина Е. А., Габриелян Ш. Ж. Устройство диагностики межвитковой изоляции обмотки асинхронного двигателя по ЭДС самоиндукции // Методы и средства повышения эффективности технологических процессов в АПК: сб. науч. статей по материалам Междун. научно-практической конф. — Ставрополь: АГРУС СтГАУ, 2013. — с. 29–33.
8. Мастепаненко, М. А., Воротников И. Н., Шарипов И. К. Алгоритмы оценки постоянной времени измерительной цепи с использованием цифрового дифференцирования // Молодой ученый. 2015. № 7. с. 172–176.
9. Минаев, И. Г., Воротников И. Н., Мастепаненко М. А. Система непрерывного контроля уровня различных жидкостей на основе микроконтроллера // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сб. науч. тр. / СтГАУ. Ставрополь: АГРУС, 2011. С. 181–185.

10. Воротников, И. Н., Мастепаненко М. А., Байрамалиев С. Ш., Тарануха Д. С., Фалько К. А. Оценка влияния нелинейности функции преобразования АЦП на погрешность оценки постоянной времени при измерении электрической емкости на постоянном токе // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сборник научных трудов по материалам 77-й научно-практической конференции Ставропольского ГАУ (г. Ставрополь, март — апрель 2013 г.) — Ставрополь: АГРУС Ставропольского гос. Аграрного ун-та, 2013. с. 178–184.
11. Воротников, И. Н., Мастепаненко М. А., Ивашина А. В. Вторичное измерительно-вычислительное устройство конденсаторного датчика уровня // Методы и технические средства повышения эффективности использования электрооборудования в промышленности и сельском хозяйстве: сборник научных трудов по материалам 76-й научно-практической конференции СтГАУ (г. Ставрополь, 10–25 марта 2012 г.) / Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь: АГРУС, 2012. с. 9–13.
12. Пат. 2498327 Российская Федерация, МКП G01R27/26. Микроконтроллерное устройство диагностики межвитковой изоляции обмотки электродвигателя по ЭДС самоиндукции / А. В. Вострухин, Е. А. Вахтина, Ш. Ж. Габриелян; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ставропольский ГАУ». — № 20112118126/28; заявл. 03.05.2012; опубл. 10.11.2013, Бюл. № 31.
13. Пашинцев, В. П., Боровлев И. И., Иванников А. И., Несмеянов А. М. Методика оценки полосы частотной когерентности декаметрового радиоканала с учетом сферичности неоднородного отражающего слоя ионосферы // Физика волновых процессов и радиотехнические системы, 2003, Т. 6, '5, с. 59–62.
14. Пат. 2546827 Российская Федерация, МКП G01R 27/26. Микро-контроллерное устройство диагностики межвитковой изоляции обмотки электродвигателя [Текст] / А. В. Вострухин (RU), Е. А. Вахтина (RU), Ш. Ж. Габриелян (RU), заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Ставропольский ГАУ» (RU). — № 2013159154/28; заявл. 30.12.2013; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 10.

## 3D принтер — технология будущего

Михайлова Александра Евгеньевна, студент;

Дошина Анна Дмитриевна, студент

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М. И. Платова

*В данной статье речь пойдет о новой технологии создания объектов и предметов — 3D принтере. Описывается история возникновения, указываются основные принципы и технологии работы устройства. Проводится исследование применения 3D принтера в Ростове-на-Дону, и освещаются проблемы и перспективы использования данной технологии в разных сферах жизни.*

**Ключевые слова:** 3D принтер, 3D печать, стереолитография, технология SLA, технология SLS, технология DLP, технология EBM.

В повседневную жизнь 3D пришло к нам в начале нового тысячелетия. Мы, естественно, связываем это определение с киноискусством или мультипликацией. Но данная технология охватывает гораздо больше спектров нашей жизни. Итак, что же такое 3D принтер, и, что представляет собой печать на таком устройстве?

3D принтер — это устройство, которое создает изображение в трехмерном измерении. Но для начала разберемся в истории.

### История возникновения

Технология 3D печати существует с 1984 года. Компания CharlesHull разработала технологию трехмерной печати для создания объектов с помощью цифровых данных. В 1986 года данную технику запатентовали и дали название стереолитографии.

Эта же компания, CharlesHull разработала первый промышленный 3D принтер. И в 1988 году компания 3DSystem разработала 3D принтер для печати в домашних условиях — SLA-250.

В 1993 году начинает свою жизнь компания Solidscapе. Она начинает серийное производство 3D принтеров на струйной основе, при небольших затратах.

И, наконец, в 2005 году появляется первый цветной 3D принтер — Spectrum Z510. Заслуга данного продвижения в развитии 3D принтеров принадлежит компании ZCorporation (ZCorp).

### Принцип работы 3D печати

Принцип формирования фигуры с трехмерной печати называют аддитивным (от слова Add (англ.) — добавлять). Для начала создается компьютерная модель

будущего объекта. Это можно сделать либо с помощью трехмерного графического редактора САD-системы (3D StudioMax, SolidWorks, AutoCAD), либо просканировав полностью объект в 3D. Затем, с помощью специального программного продукта разбивает просканированный объект на слои и происходит генерация набора команд, которая определит последовательность, в которой будут наноситься слои материала при печати.

Далее, 3D принтер послойно формирует объект, нанося постепенно порции материала (Рис. 1). Располагая печатающую головку в системе двух координат X и Y, принтер наносит материал слой за слоем по смоделированной электронной схеме. При перемещении платформы на шаг вдоль оси Z начинается построение нового уровня объекта.

Для печати в качестве материала в аддитивном производстве могут быть использованы металлические сплавы, пластик, бумага, фотополимеры, минеральные смеси. Некоторые виды 3D принтеров способны работать одновременно с разными материалами, как по свойствам, так и по цвету.

Технологий трехмерной печати довольно много. Различаются они по принципу формирования слоев и их соединениям. Рассмотрим основные технологии производства.

### Основные технологии (SLA, SLS, DLP, EBM, HPM)

Печать на 3D принтерах может осуществляться разными способами, в зависимости от используемого материала.

Технология SLA. Эта технология позволяет наиболее быстрое построение объектов. Технология использует фотополимер, на который направляется лазерный луч, после чего материал затвердевает. После отвердевания изделие можно легко обработать (склеить, окрасить и т.д.). Технология SLS. Представляет собой спекание порошковых реагентов под воздействием лазерного луча. Это одна из технологий, которая позволяет изготовление форм для металлического и для пластмассового литья.

Технология DLP. Это относительно новая технологий, для реализации которой используются стереолитографи-

ческие печатные аппараты. Принтеры данного типа используют цифровую обработку светом. Для создания трехмерных фигур в этой технологии используются фотополимерные смолы и DLP-проектор.

Технология EBM. Эта технология использует электронно-лучевую плавку для создания трехмерных объектов. Для послойного наплавления высокоточных деталей был разработан специальный материал — металл-оглина. Данный материал изготавливается из смеси органического клея, металлической стружки и воды.

Технологий HPM. Дает возможность получать конечные модели из конструкционных и высокоэффективных термопластиков. Это единственная технология, которая обеспечивает механическую, термическую и химическую прочность деталей.

В наши дни появилось еще одно интересное устройство, использующееся для ручной печати — ручки для рисования 3D объектов. Ручки сделаны по той же схеме, что и принтеры. Пластиковая нить подается в ручку, где плавится до нужной температуры и выдавливается через маленькое сопло.

### Области применения 3D печати

1. Строительство. Есть предположение, что в будущем намного ускорится процесс возведения зданий благодаря 3D печати.
2. Медицина. Благодаря трехмерной печати врачи получили возможность создавать копии человеческого скелета. Большое применение 3D принтеры нашли в стоматологическом протезировании.
3. Архитектура и дизайн. Создание макетов элементов интерьера, зданий и районов позволяют оценить эргономику, функциональность и внешний вид прототипа.
4. Маркетинг и реклама позволяют продемонстрировать преимущества нового товара.
5. Образование. 3D модели являются отличными наглядными материалами для обучения на всех уровнях образования.

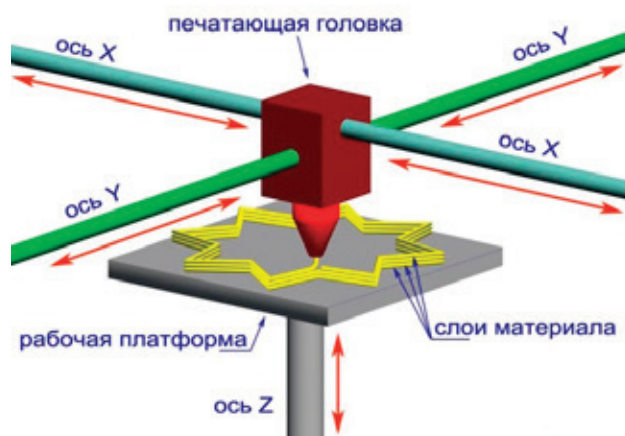


Рис. 1. Печать 3D принтером

6. Автомобилестроение. Такой способ, как 3D моделирование, позволяет протестировать автомобиль на этапе разработки.

7. Моделирование. Изготовление упаковочных материалов, игрушек и сувенирной продукции.

8. Легкая промышленность. Изготовление самых разных элементов потребительских товаров.

9. Изготовление одежды и обуви. Подобная одежда и обувь используется только на показах. Материалом здесь служит полиуретан, резина и пластик.

10. Ювелирное дело. Технологии 3D моделирования позволяют создать полноценные изделия из металлического порошка.

11. История и антропология. Модели создаются на базе археологических находок и позволяют оценить достоверность догадок ученых.

Во всех других областях, не указанных выше, 3D моделирование постепенно находит свое применение. Медленно, но верно оно вытесняет другие способы представления объекта.

### Исследование использования 3D принтера в городе Ростов-на-Дону

Мы провели исследование рынка на предмет услуг по 3D печати в городе Ростов-на-Дону.

Вот какие результаты были получены: В данном городе имеется около 10 точек по предоставлению услуг 3D печати, а также несколько точек 3D сканирования. Около 80% процентов заказчиков обращаются с задачами изготовления аксессуарных изделий, деталей для личных проектов. 8% пробуют «на зубок» данную технологию, остальные 7% используют 3D печать непосредственно для работы. Также, имеется еще одна группа, которая ис-

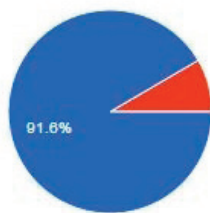
пользует 3D печать для создания глобальных личных проектов. Данная группа составляет всего лишь 5%. В этот процент входит такой проект как «трогательный музей». Группа студентов из Ростова-на-Дону планирует создать сеть музеев в России при помощи 3D-печати и краудфандинга (народное финансирование). Идея состоит в том, чтобы распечатать на 3D принтере мировые произведения искусства, которые можно будет потрогать своими руками не только простым людям, но и тем, у кого имеются отклонения в зрении.

Для выяснения осведомленности людей о 3D печати, был проведен опрос жителей Ростова-на-Дону.

Был опрошен разный возрастной контингент и разные социальные группы. В итоге по опросу 348 человек, были получены данные: многие жители (92%) знают о существовании 3D печати. Больше осведомлены в этой области молодые люди в возрасте до 30–35 лет. Жители города в более старшем возрасте если и знают о таковой технологии, то не решаются её попробовать. Только 19% населения знают, что 3D печать существует не только из пластика, а еще и из металла. 45% опрошенных знают о возможностях 3D принтера и материалах печати. Но при этом всего 15% опрошенных пользовались этой услугой хотя бы один раз в жизни, из них 3% пользовались ей часто. Что говорит о том, что 3D печать пока еще не пользуется большим спросом. Но 80% из тех респондентов, которые не слышали о 3D печати, заинтересовались этой технологией, и выразили свое желание узнать о данной технологии больше. Около 51% опрошенных слышали о 3D ручке, но в своем большинстве ей не пользовались. А вот свою жизнь доверить новым технологиям готовы достаточно многие. 50% опрошенных доверили бы свою жизнь подобной технологии.

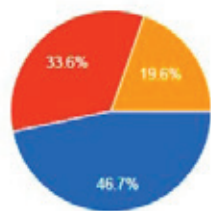
Подробные данные приведены ниже.

**Знаете ли Вы что такое 3D принтер и 3D печать?**



Да	91.6%
Нет	8.4%

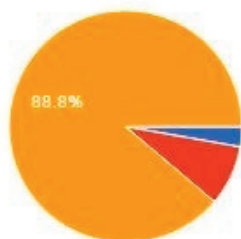
**Знаете ли Вы, какие изделия и из какого материала можно напечатать на 3D принтере?**



Знаю какие изделия можно напечатать и из какого материала	46.7%
Знаю какие изделия можно напечатать, но не знаю из какого материала	33.6%
Не знаю какие изделия можно напечатать и какой материал можно использовать	19.6%

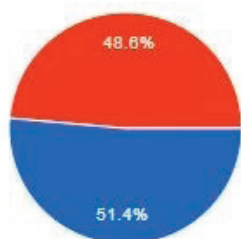


**Пользовались ли Вы такой услугой? Как часто?**



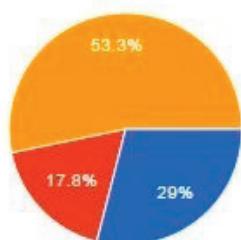
Да, часто	2.8%
Да, редко (разово)	8.4%
Нет	88.8%

**Слышали ли Вы о 3D ручке?**



Да	51.4%
Нет	48.6%

**Планируете ли Вы воспользоваться технологией 3D печати (первый раз / снова)?**



Да	29%
Нет	17.8%
Возможно	53.3%

**Проблемы и перспективы использования данной технологии в разных сферах жизни**

Технология 3D печати еще не совсем идеальна. Есть несколько проблем, которые могут привести к довольно неожиданным результатам. Например, принтер, печатая несколько деталей одновременно, может напечатать их сцепленными между собой. Еще одной проблемой является то, что из-за послойного построения детали, нижний слой может не выдержать тяжести верхних слоев, и тогда происходит разрушение детали. Перед печатью необходимо тщательно проработать компьютерную модель, чтобы результат получился таким, каким его ожидают увидеть.

3D печать — это технология будущего. С каждым днем данная технология печати находит себя в новых областях. Интересной в области развлечений является такая услуга: любой желающий может сделать скан своего тела и получить свою миниатюрную копию. В области медицины постепенно входят в использование изготовление обуви, стелек, наушников, идеально повторяющих форму некоторых частей тела или же деталей частей для функционирования организма, например участок черепной коры человека. Постепенно увеличивается размер деталей, а также расширяется выбор материалов для печати.

**Заключение**

Подводя итоги, стоит отметить, что использование 3D принтеров позволяют полностью исключить ручной труд и необходимость делать чертежи и расчёты на бумаге, и устранить выявленные недостатки не в процессе создания, а непосредственно при разработке. В создании моделей с помощью 3D принтера полностью отсутствует ограничение на дизайн и сложность формы, что позволяет полностью задействовать свою фантазию и сделать индивидуальное и оригинальное изделие. Изделия получаются очень легкими, и при этом время их изготовления минимально.

Данная технология только набирает обороты в своем развитии и распространении. Это можно увидеть на городе, который был выбран для исследования — Ростове-на-Дону. Большинство заказов относятся к группе личного интереса к новой технологии и не более. Но также нельзя не заметить, что уже идет процесс использования технологии 3D печати в крупных и полезных для общества проектах.

Несомненно, эта технология — технология будущего.

Литература:

1. Бриан Эванс, Практические 3D-принтеры: наука и искусство 3D-печати. Apress, 2012.
2. И. Канеса, С. Фонда, М. Зенаро, Доступная 3D печать для науки, образования и устойчивого развития. The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics, 2013.
3. Кристофер Барнат. 3D печать: третья индустриальная революция. 2013.
4. 3D принтер. [Электронный ресурс]. Режим доступа — [www.printbox3d.ru](http://www.printbox3d.ru).
5. 3D принтеры. [Электронный ресурс]. Режим доступа — [www.magnum3d.ru](http://www.magnum3d.ru)

## Прочность стальных труб при дефекте внешней фаски продольного сварного шва

Мокроусов Владимир Иванович, инженер-технолог  
АО «Выксунский металлургический завод» (Нижегородская обл.)

*Предложен критерий определения критического внутритрубного давления, при котором происходит упругопластическое разрушение стенки трубы при несплавлении внешней фаски сварного шва.*

**Ключевые слова:** стальные сварные трубы большого диаметра, фаска сварного шва, критическое давление разрыва трубы.

Основные причины аварий магистральных трубопроводов. Среднее число инцидентов и аварий, происходящих на 1000 км, составило в России за 1999–2009 гг. 0,06 отказов в год. На западноевропейских магистральных трубопроводах среднее число отказов за 1991–2006 гг. составило 0,32 отказа в год, на североамериканских — до 0,48. В США в 1,5 раза больше отказов из-за внешних воздействий. В Европе три наиболее важные причины возникновения аварий — внешние воздействия на трубопроводы (36%), коррозия (29%) и механические повреждения (24%).

**Производство труб большого диаметра для магистральных трубопроводов.** В отечественных магистральных трубопроводах используются трубы большого диаметра — прямошовные, двухшовные и спиральношовные (диаметром до 1420 мм) класса прочности до K65 по стандарту API различного способа изготовления.

Новейшими технологиями производства прямошовных одношовных сварных труб большого диаметра 1020 мм, 1220 мм и 1420 мм из сталей класса прочностей K38–K65 и X42–X80, с толщиной стенки до 52 мм и рабочим



Рис. 1. Кромкогибочный пресс SMS Meer

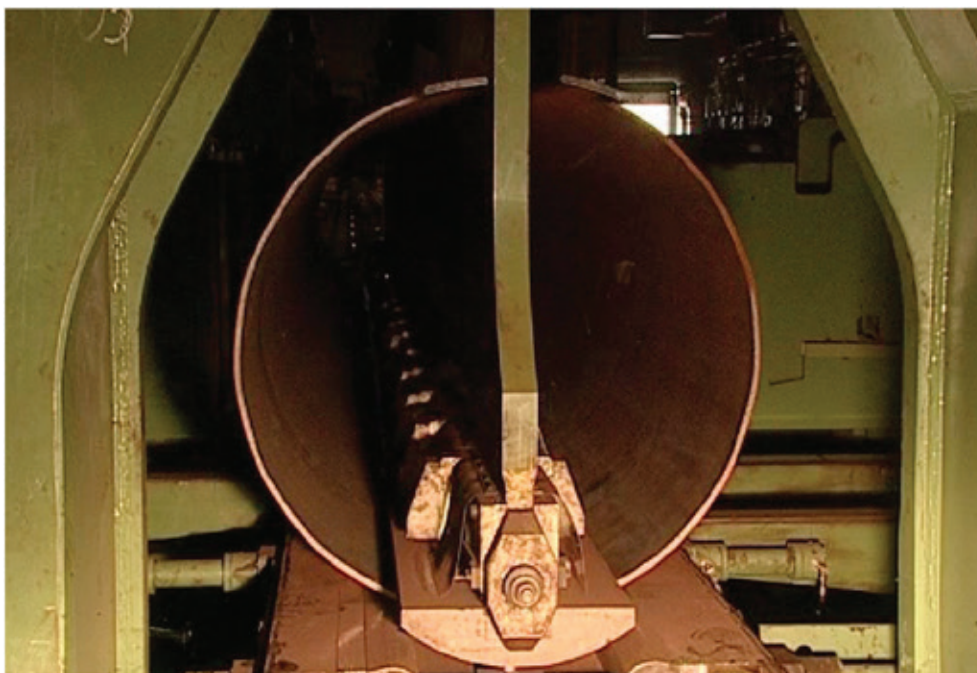


Рис. 2. Трубоформовочный пресс SMS Meer

давлением до 22,15 МПа являются процессы формовки листа по схеме JCOE (рис. 1–3) фирмы SMS Meer [1–50], используемые российскими заводами — АО «ВМЗ», ЗАО «ИТЗ», ОАО «ЧТПЗ», а также заводами Германии и Китая.

Схема JCOE включает на первой стадии подгибку кромок листовой заготовки с толщиной стенки до 52 мм из стали с пределами текучести и прочности  $\sigma_T = 340–470$  МПа и  $\sigma_B = 510–690$  МПа на кромкогибочном прессе пошаговым способом одновременно с двух сторон. Формовка основной части профиля листовой заготовки осуществляется на трубоформовочном прессе пошаговым способом гибки участков от подогнутых кромок к середине профиля одновременно по всей длине заготовок и обеспечивает получение трубных заготовок незамкнутого О-профиля.

Далее осуществляется сборка трубы с помощью газовой сварки наружного шва трубы и четырех дуговой сварки внутреннего и внешнего швов трубы. После сварки необходимый диаметр трубы и улучшение поперечной округлости трубы достигаются с помощью экспандирования.

**Механические дефекты производства труб из стального листа.** Перед формовкой труб стальной лист правят на многороликовых листопрямильных машинах [1, 2, 6–12]. Дефект образования гофра продольной кромки стального листа на кромкогибочном прессе изучался в работах [1, 2, 17–25], вредное влияние остаточных напряжений в стенке стального листа после трубоформовочного пресса на процесс экспандирования трубы — в [1, 2, 31], дефект «точка перегиба» при изгибе стального листа на трубоформовочном прессе — в [1, 2, 32], дефект стального листа раскатной пригар с риской — в [1, 2, 33].

Прочностной анализ разрушения труб при частичном несплавлении сварного шва. Пусть  $D$ ,  $h$  и  $\Delta$  — внешний диаметр трубы, толщина стенки трубы ( $h \ll D$ ) и глубина несплавления сварного соединения на внутренней поверхности трубы ( $\Delta < h$ );  $\varphi$  и  $s$  — угол и длина нижней фаски трубы.

Под действием внутреннего давления при гидротестировании металл трубы в зоне несплавления заводского сварного шва испытывает сложное сопротивление: окружное растяжение, радиальное сжатие, изгиб относительно продольной линии сварного шва, а также концентрацию напряжений. По теории упругопластического течения и критерию прочности Треска-Сен-Венана внутренняя стенка труб начинает разрушаться в точке А (корне внутреннего сварного шва), когда максимальные касательные напряжения в точке А достигают половины предела прочности  $\sigma_B$ .

При несплавлении внешней фаски продольного сварного шва разрушение стальной трубы происходит при достижении критического внутритрубного давления

$$p_{sh}^{критич} = \frac{2\sigma_B(h-\Delta)^2}{\mu D(h+2\Delta)},$$

где  $\mu = \text{const} \geq 1$  — безразмерный коэффициент, учитывающий концентрацию напряжений в зоне несплавления сварного шва.

Пример разрушения трубы. На рис. 4 и 5 показан разрыв стальной толстостенной трубы магистрального нефтепровода «Восточная Сибирь — Тихий Океан» 10 июня 2009 г. в районе г. Алдана. Разрушение прямошовной двухшовной трубы (ОАО «Харцызский трубный завод») класса прочности К60, диаметра 1220 мм и с толщиной стенки 19 мм произошло при гидравлических ис-



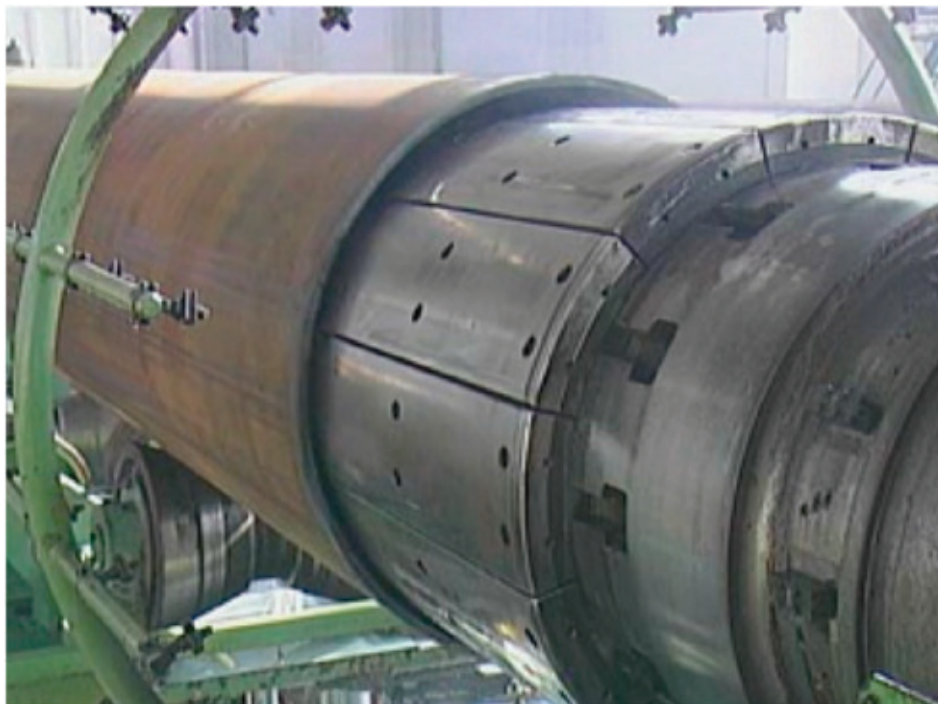


Рис. 3. Экспандер SMS Meer

пытаниях на трассе при достижении величины испытательного давления  $109,8 \text{ кгс/см}^2$ . У разорванной трубы был обнаружен заводской дефект несплавления продольного сварного шва глубиной  $4-5 \text{ мм}$ .

Прочностной анализ критических давлений разорванной трубы. Для разорванной трубы  $D = 1220 \text{ мм}$ ,  $h = 19 \text{ мм}$ ,  $\Delta = 4-5 \text{ мм}$ ,  $\sigma_b$  (трубы)  $\leq 527 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\sigma_b$  (шва)  $\leq 673 \text{ Н/мм}^2$ . Применяя критерий разрыва трубы при несплавлении сварного шва, получаем, что при глубине несплавления продольного сварного шва  $\Delta = 3,2 \text{ мм}$  и  $\mu = 1$  для

основного металла трубы  $p_{sh}^{\text{критич}} = 82,993 \text{ кгс/см}^2$ , а для металла сварного продольного шва  $p_{sh}^{\text{критич}} = 105,985 \text{ кгс/см}^2$ . Результаты вычислений показывают, что разрушение трубы при гидроиспытаниях на трассе началось несколько раньше, чем испытательное давление в нефтепроводе достигло значения  $109,8 \text{ кгс/см}^2$ .

Автор выражает благодарность научному руководителю, профессору, д.ф. — м.н. Владимиру Николаевичу Шинкину (НИТУ «МИСиС») за обсуждение статьи и ценные замечания.



Рис. 4. Вид разрыва трубы после гидроиспытаний на трассе



Рис. 5. Вид сбоку разрыва трубы

Литература:

1. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2013. — 655 с.
2. Шинкин, В. Н. Механика сплошных сред для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2014. — 628 с.
3. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. — М: Изд. Дом МИСиС, 2008. — 307 с.
4. Шинкин, В. Н. Теоретическая механика для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2012. — 679 с.
5. Буланов, Э. А., Шинкин В. Н. Механика. Вводный курс. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 172 с.
6. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 344–349.
7. Шинкин, В. Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироликовой листопрямильной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 359–365.
8. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 361–366.
9. Шинкин, В. Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 467–472.
10. Шинкин, В. Н. Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 356–361.
11. Шинкин, В. Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 225–229.
12. Шинкин, В. Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямильной машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). с. 205–211.
13. Шинкин, В. Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 222–227.
14. Шинкин, В. Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). с. 261–265.
15. Шинкин, В. Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). с. 318–323.
16. Шинкин, В. Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). с. 231–237.
17. Шинкин, В. Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meer // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). с. 238–243.

18. Шинкин, В. Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. Вып. 6. с. 171–174.
19. Шинкин, В. Н., Уандыкова С. К. Гибка стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2009. № 16. с. 110–112.
20. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 1. с. 54–58.
21. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса пластического формоизменения листовой заготовки для производства труб большого диаметра // Обработка металлов давлением, 2011. № 3 (28). с. 7–11.
22. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 4. с. 14–22.
23. Шинкин, В. Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Вестник Саратовского государственного технического университета. 2011. № 4 (62). Вып. 4. с. 69–74.
24. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Упругопластическое формоизменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 6. с. 53–56.
25. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Известия вузов. Черная металлургия. 2011. № 9. с. 45–49.
26. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процессов экспандирования и гидроиспытания труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // Производство проката. 2011. № 10. с. 12–19.
27. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Барыков А. М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // Металлург. 2011. № 11. с. 77–81.
28. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
29. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // Steel in Translation. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
30. Шинкин, В. Н., Барыков А. М., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // Производство проката. 2012. № 2. с. 14–16.
31. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // Производство проката. 2012. № 7. с. 25–29.
32. Шинкин, В. Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // Производство проката. 2012. № 9. с. 21–26.
33. Шинкин, В. Н., Мокроусов В. И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте раскатной пригар с риской // Производство проката. 2012. № 12. с. 19–24.
34. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // Metallurgist. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
35. Шинкин, В. Н., Федотов О. В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироликовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2013. № 9. с. 43–48.
36. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироликовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // Производство проката. 2014. № 5. с. 7–15.
37. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатирولیковой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2014. № 8. с. 26–34.
38. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // Производство проката. 2014. № 12. с. 13–20.
39. Шинкин, В. Н., Борисевич В. Г., Федотов О. В. Холодная правка стального листа в четырехроликовой листопрямительной машине // В сборнике: Глобализация науки: проблемы и перспективы. Том 2. — Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. — с. 119–121.
40. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатирولیковой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Производство проката. 2015. № 1. с. 42–48.



41. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // *Сталь*. 2015. № 4. с. 38–42.
42. Шинкин, В. Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 3–1. с. 64–67.
43. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 4–1. с. 114–119.
44. Шинкин, В. Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 5–1. с. 96–99.
45. Шинкин, В. Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 6–1. с. 115–118.
46. Шинкин, В. Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 7–1. с. 74–78.
47. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 8–1. с. 78–83.
48. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 9–1. с. 73–77.
49. Шинкин, В. Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспансии стальной заготовки // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 10–1.
50. Шинкин, В. Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики*. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 5–6. с. 7–11.

## **Исследование свойств стеновой керамики с использованием механоактивированной композиционной добавки**

Нариков Канат Амангельдиевич, кандидат технических наук;

Жанторе Айман Утегенкызы, магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск, Казахстан)

*В статье приведены результаты исследования, а также показана перспективность производства стеновой керамики на основе лессовидных суглинков, модифицированных механоактивированной композиционной добавкой. Предложенный технологический прием грануляции керамических масс, позволяет улучшить формовочные и физико-механические свойства готового продукта.*

**Ключевые слова:** *стеновая керамика, механоактивированная, вагранный шлак, уголь, суглинок.*

Одним из важных направлений развития промышленности строительных материалов по технологии керамики является повышение номенклатуры и качества выпускаемых изделий при максимальном использовании местного сырья [1–2].

Развитие мирового строительства неразрывно связано с нарастающей тенденцией применения строительных материалов и конструкций, обеспечивающих значительное снижение массы зданий и сооружений [3].

При большом разнообразии современных энергосберегающих стеновых материалов керамический кирпич всегда сохраняет свои позиции благодаря сочетанию ценных свойств. Основной тенденцией в отрасли керамических стеновых изделий является повышение эффек-

тивности производства за счет ввода новых мощностей с передовыми современными технологиями, а также совершенствования технологии и оборудования, вовлечения в процесс добавок различного назначения. Производство керамических изделий связано со значительным расходом природных ресурсов. Уменьшить их расход и тем самым способствовать охране природы можно, заменяя такие материалы различным техногенным сырьем и отходами промышленного производства [4,5].

Повышение пустотности и пористости изделий стеновой керамики необходимо для улучшения теплозащитных функций ограждающих конструкций зданий. Особенно это актуально в настоящее время в связи с ужесточением требований по термическому сопротивлению ограждения [6,7].

Одним из эффективных методов повышения качества лицевого керамического изделий является разработка новой технологии с использованием композиционной керамической массы путем введения механоактивированных добавок [9].

Цель исследования — установление возможности получения высококачественного и керамического кирпича на основе лессовидных суглинков Западно-Казахстанской области путем введения эффективных механоактивированных добавок и использования новых технологических решений.

Основной компонент — суглинок Чаганского месторождения, в качестве основного сырья механоактивиро-

ванной композиционной добавки был использован вагранный шлак ТОО «КазАрмопром» (г. Уральск).

Для изучения влияния степени измельчения материала на физико-механические свойства сырца, отформованного методом полусухого прессования, и свойства обожженного материала из пробы готовились шихты различного гранулометрического состава [8]. Высушенные до воздушно — сухого состояния пробы пропускались через дробилку до прохождения через сито с отверстиями 0,315; 0,63 мм. Из полученных сырьевых смесей формовались образцы цилиндры диаметром и высотой 50 мм.

Составы композиционных керамических смесей приведены в таблице 1.

Таблица 1. Шихтовой состав исследуемой композиции

№ состава	Содержание компонентов масс, %		
	Суглинок	Шлак	Уголь
1	45	45	10
2	60	30	10
3	70	20	10
4	75	15	10
5	80	10	10

Подготовленные сырьевые компоненты перемешивались, при этом влажность шихты составляла 10–12%.

Для равномерного распределения влаги в составе керамической смеси вода добавлялась с помощью пульверизатора и тщательно перемешивалась в течение 10 мин. Затем сырьевая смесь формируется методом полусухого прессования на гидравлическом испытательном прессе ПГМ-500МГ4 с автоматизированной системой ввода данных и фиксированием результатов на персональном компьютере. Давление прессования составляло 15–20

МПа. Отформованные изделия обжигались без предварительной сушки в муфельной печи СНОЛ 12/12-В до 900–950°C. За исследуемые свойства керамических масс принимались полная усадка, прочность сырца как критерии сушильных и формовочных свойств, прочность при сжатии и водопоглощение как показатель качества изделий.

Исследуемые составы керамических масс и сравнительные характеристики физико-механических свойств образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2. Физико-механические свойства образцов

№ п/п	Способы	Усадка, %		Сырцовая прочность, МПа	Темп. обжига, °С	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа	
		Воздушная	Общая				При сжатии	При изгибе
1	Предлагаемый способ	2,2	3,4	2,6–2,8	900–950	1,710–1,730	16,0–21,0	2,4–2,6
2	Традиционный способ	6,2	7,4	1,7–1,8	1000–1100	1,870–1,885	7,0–9,0	1,2–1,3

Анализ изменения исследуемых свойств образцов от содержания композиционной добавки позволил оптимизировать составы керамической массы. За оптимальные составы керамической композиции принимали смеси обладающие высокими показателями исследуемых свойств. Этим требованиям соответствуют составы керамической массы, находящиеся в области, ограниченной следую-

щими предельными концентрациями компонентов, мас %: лессовидный суглинок 80,0–85,0; механоактивированная композиционная добавка 15,0–20,0. Как показывают результаты исследования, с повышением содержания механоактивированного шлака и угля за счет уменьшения содержания лессовидного суглинка наблюдается увеличение прочности при сжатии и изгибе, а также морозо-

стойкости. При этом чем больше удельная поверхность молотой композиции, тем выше показатели указанных исследуемых свойств. Например, увеличение прочности при сжатии и изгибе с изменением удельной поверхности от 800 до 2000 см<sup>2</sup>/г составляет от 10,1 до 17,2 МПа и от 2,8 до 5,1 МПа соответственно. Следует отметить, что увеличение прочности при сжатии и изгибе в целом составляет более 40–50%. С увеличением удельной поверхности композиционной смеси наблюдается существенное увеличение морозостойкости. Сравнительный анализ изменения этих свойств по сравнению с образцами на основе чистых суглинков общее показал, что увеличение прочности при сжатии составляет 40%, при изгибе 50%, а увеличение морозостойкости составляет от 15 циклов до 50 циклов, т.е. в среднем в 3,5 раза.

Что касается изменений средней плотности, то несмотря на то, что увеличивается удельная поверхность вводимой композиционной добавки, предполагающая повышение средней плотности образцов из-за увеличения плотности упаковки сырьевой системы в целом, наблюдается существенное снижение показателей средней плотности термобработанных образцов на основе исследуемой керамической композиции. Снижение средней плотности по

сравнению с показателями средней плотности образцов на основе чистых суглинков составляет от 1870 до 1710 кг/м<sup>3</sup>, что составляет около 8%, то есть масса 1 м<sup>3</sup> изделия на основе исследуемых образцов легче сравниваемых на 120–140 кг. Это подтверждается и снижением массы полнотелого кирпича от 4,3 до 3,2 кг. Увеличение удельной поверхности вводимой комплексной добавки способствовало также повышению показателей водостойкости по сравнению с образцами на основе чистых суглинков от 0,7 до 0,92. А сравнение изменения показателей водопоглощения показывает, что повышение удельной поверхности композиции приводит к незначительному снижению их показателей и находится в пределах 13,8–13,1%.

Показатели физико-механических свойств испытанных образцов соответствуют требованиям ГОСТ 530–2007 для лицевой стеновой керамики.

Разработанная технология и составы керамических масс на основе лессовидных суглинков, модифицированных механоактивированными композиционными добавками, позволяют повысить прочность кирпича, снизить среднюю плотность за счет увеличения микропористости, сократить продолжительность обжига и экономить топливо на 30–35%.

#### Литература:

1. Ботвина, Л. М. Строительные материалы из лессовидных суглинков. Ташкент.: Укитувчи, 1984. с.40.
2. Камалов, С. А., Ли К. А. География размещения месторождений природных ископаемых Уральской области и их народнохозяйственной применение. — Уральск, 1992. — 139 с.
3. Монтаев, С. А., Сулейменов Ж. Т. Стеновая керамика на основе композиции техногенного и природного сырья Казахстана. // монография. — Алматы: Гылым, 2006—190 с.
4. Ботвина, Л. М. Строительные материалы из лессовидных суглинков. Ташкент.: Укитувчи, 1984. — С.40.
5. Комар, А. Г. Строительные материалы и изделия. М.: Высшая школа, 1988, — с. 70–71.
6. Павлов, В. Ф. Физико-химические основы обжига изделий строительной керамики. М.: Стройиздат. 1977. — 240 с.
7. Монтаев, С. А. Разработка технологии лицевой стеновой керамики в двух компонентной керамической композиции/ С. А. Монтаев, Н. Б. Адилова, Н. С. Монтаева // Труды Международной научно-практической конференции «Ауезовские чтения-9: пути инновационного развития науки, образования и культуры в новом десятилетии», — Шымкент: ЮКГУ им. М. Ауезова, 2010—253 с.
8. Инновационный патент на изобретение. № 2009/0517.1 Способ изготовления кирпича. МПК С04В 33/04 10.10.2008 С. А. Монтаев, К. А. Нариков, Н. Б. Адилова, Б. Т. Шакешев, А. С. Монтаева, Н. С. Монтаева.
9. Нариков, К. А. Технология и свойства стеновой керамики на основе лессовидных суглинков с применением механоактивированных композиционных добавок/ Автореф.

## Энергоресурсосберегающая технология вторичного использования отходов теплоэнергетического комплекса

Николаева Лариса Андреевна, кандидат химических наук, доцент;  
Исхакова Регина Яновна, кандидат технических наук, преподаватель  
Казанский государственный энергетический университет

*В статье рассматриваются вопросы вторичного использования отходов промышленности — избыточного активного ила и шлама водоподготовки тепловых электрических станций в качестве потенциального топлива.*



**Ключевые слова:** утилизация, отход производства, избыточный активный ил, шлам водоподготовки, энергоресурсосбережение, минимизация антропогенного воздействия.

В настоящее время поиск новых решений по вторичному применению осадков промышленности является актуальной задачей. Одним из возможных методов утилизации промышленных отходов является их вовлечение в различные технологические процессы в качестве вторичных материальных ресурсов.

Перспективным методом вторичной утилизации осадка биологических станций очистки сточных вод — избыточного активного ила является его сжигание в качестве топлива. Наличие органического вещества в сухом веществе осадка дает возможность рассматривать его как потенциальное топливо, что подтверждается сравнением элементного состава их органического вещества с углями, горючими сланцами и торфом [1,2,3].

Ранее авторами было представлено исследование биосорбционной технологии очистки сточных вод, в котором в качестве сорбционного материала использован шлам водоподготовки — отход, образующийся на тепловых электрических станциях (ТЭС). Были получены удовлетворительные результаты [4], на основании которых при дозировании шлама водоподготовки происходит повышение эффективности биологической очистки сточных вод по ХПК, БПК<sub>5</sub>, снижение концентрации аммонийного азота, взвешенных веществ и т.д. Исследования проводились в лаборатории биологической очистной станции ОАО «Казанский завод синтетического каучука» (БОС КЗСК) с использованием шлама водоподготовки Казанской ТЭЦ-1 (КТЭЦ-1).

Шлам водоподготовки образуется на стадии известкования и коагуляции природных вод. Химический состав шлама КТЭЦ-1 представлен преимущественно (% масс.): Ca<sup>2+</sup> — 87, Mg<sup>2+</sup> — 9,7, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> — 71,7, OH<sup>-</sup> — 10,03, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> — 5,7. Шлам содержит органические вещества — 12% от общей массы образца, которые выявлены методом газовой хроматомасс-спектрометрии. Влажность шлама — 3%, зольность — 89%.

После биосорбционной очистки сточных вод шлам совместно с активным илом выносится во вторичные отстойники, поэтому возникает проблема дальнейшей переработки смешанного осадка. Перспективным методом является использование активного ила и шлама в качестве дополнительного топлива на станциях.

Выводы о возможности совместного сжигания избыточного активного ила и шлама ТЭС были сделаны на основании серии экспериментов по определению теплоты сгорания смешанного осадка. Теплоты сгорания определялись при сжигании топлива в калориметрической бомбе [5] при температуре 900°C для различных массовых соотношений шлама и активного ила, взятых исходя из реальных концентраций при нормальном режиме работы БОС КЗСК. Количество избыточного активного ила выбрано с учетом регламента — 1,5–2 мг/дм<sup>3</sup>.

Процентный массовый состав сжигаемых смесей и полученные теплоты сгорания представлены на таблице 1.

Таблица 1. Теплоты сгорания смешанного осадка при различных массовых соотношениях шлама и активного ила

Массовые соотношения, г	№ бьюкса			
	1	2	3	4
Шлам водоподготовки, г	0,3	0,6	0,9	0,6
Активный ил, г	1,5	1,5	1,5	2
Теплота сгорания, кДж/кг	7973,7	8058,7	8093,9	8078,0

(Средняя зольность осадка A=63%.)

Разработана и представлена принципиальная технологическая схема процесса сжигания смешанного осадка на Казанской ТЭЦ-1 (рис. 1).

Активный ил совместно с шламом подаются в приемный резервуар 1, откуда смесь самотеком перетекает в уплотнитель 2, где происходит ее уплотнение. После уплотнения смесь поступает в приемное отделение 3, оборудованное питателем и передвижным бункером с секторным затвором. Далее смесь подается в сушильное отделение 4, где засчет попутного пара из паросборника 9 происходит осушка совместного осадка до влажности равной 20%. Затем высушенная смесь подается в бункер запаса 5, рассчитанный на сменный объем выработки,

и далее в помольное отделение 6, где на установке тонкого растирания размалывается до размеров не более 1,5 мм. Затем происходит подача подготовленной смеси на сжигание в топочное устройство 7.

Смесь высоконапорными насосами подают на инжекторы камеры сгорания 7 одной печи, в которой за счет предварительно нагретого в воздухоподогревателе 8 воздуха, подаваемого нагнетателем 9, происходит сушка и сжигание шлама и ила. Сжигание происходит при температуре 900°C, а температура уходящих газов равна 870°C.

Тепло уходящих газов направляется в воздухоподогреватель 8, при этом температура уходящих газов снижается до 470°C. Далее уходящие газы направляются в ко-

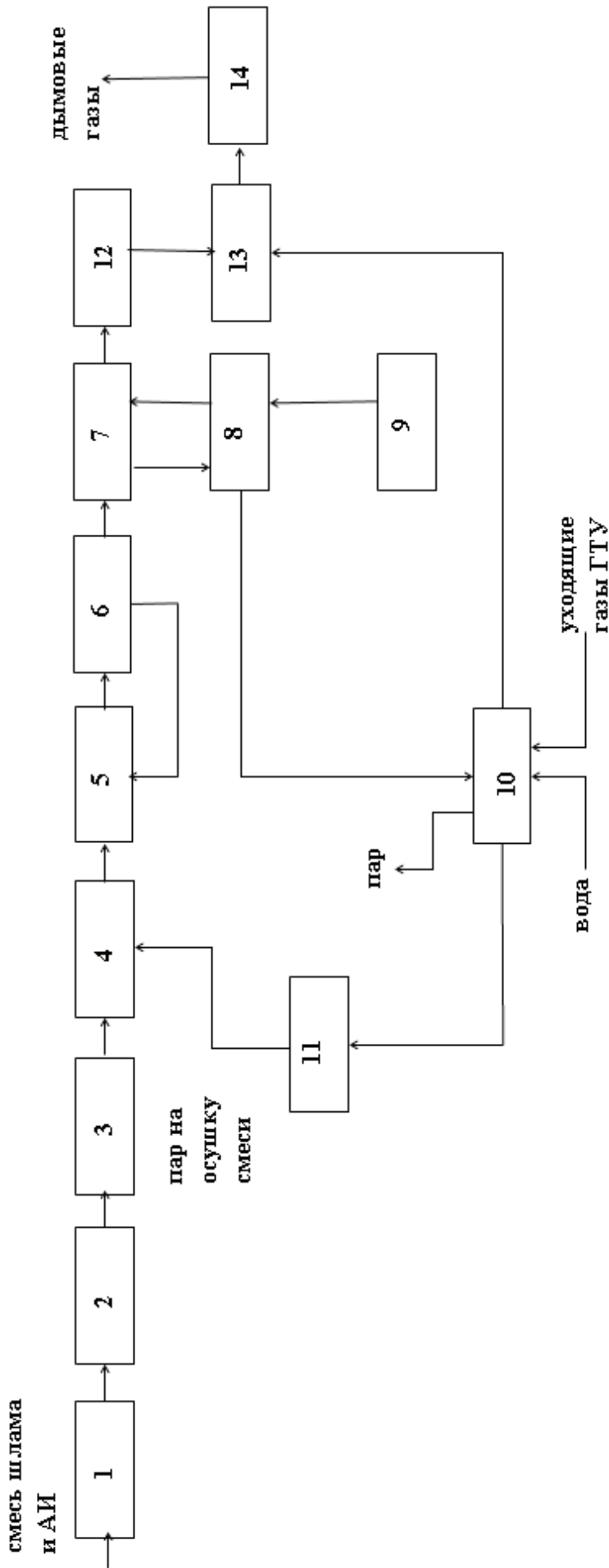


Рис. 1. Схема утилизации шлама химводоочистки и избыточного активного ила: 1 — резервуар шлама и ила, 2 — резервуар-уплотнитель, 3 — приемное отделение, 4 — сушильное отделение, 5 — бункер запаса, 6 — помольное отделение, 7 — камера сгорания, 8 — воздухоподогреватель, 9 — нагнетатель, 10 — котел-утилизатор, 11 — паросборник, 12 — бункер золы, 13 — адсорбер, 14 — дымовая труба

тел-утилизатор 10, предназначенный для получения пара за счет тепла выхлопных газов, в котором образуется пар, поступающий в паросборник 11.

Золу отводят из системы через систему сбора и удаления золы и подают в бункер хранения золы 12. Уходящие газы очищают в адсорбере 13. В адсорбере 13 может происходить и очистка дымовых газов. Загрузка адсорбера осуществляется золой из бункера 12. Далее очищенные уходящие газы подаются в дымовую трубу 14.

На КТЭЦ-1 существует цех термической сушки шлама, в связи с этим значительно снижаются затраты станции на подготовку материала к сжиганию, так как дополнительная энергия не затрачивается.

Выбор в качестве сорбента золы обусловлен наличием в литературе [6] сведений о высокой сорбционной способности золы, образующейся после сжигания твердого топлива, по отношению к различным токсичным газообразным соединениям.

В работе произведен расчет необходимого объема воздуха для сжигания смеси, объема дымовых газов, образующихся при сжигании шлама и активного ила, результаты расчета представлены на табл. 2. Как следует из расчетов для сжигания 1 кг смеси активного ила и шлама понадобится  $2,38 \text{ м}^3/\text{кг}$  воздуха. Объем дымовых газов при сжигании  $0,75 \text{ кг/с}$  смеси осадка составит  $4,3 \text{ кг/с}$ .

Таблица 2. Выбросы вредных веществ в атмосферу при сжигании смеси осадка

Единица измерения	Количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу			
	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	Твердые вещества
т/год	42,5	343	8,75	68,5
г/с	1,35	10,87	0,28	2,2

При сжигании смеси шлама и активного ила происходит увеличение расхода уходящих газов, поступающих в котел-утилизатор, что приводит к повышению прироста тепла в цикле на 2930 кВт. Прирост полезного отпуска тепла тепловому потребителю с сетевой водой составит 8334 МДж/ч, откуда следует возможность повышения температуры сетевой воды, отпускаемой тепловому потребителю или увеличение расхода сетевой воды при той же температуре.

После сжигания совместного осадка была получена зола, которую предполагается использовать в качестве

загрузки адсорбера периодического действия с целью очистки уходящих газов.

Таким образом, предложенный метод является целесообразным для проведения вторичной утилизации смеси избыточного активного ила и шлама ТЭС, так как при его внедрении решается проблема энергоресурсосбережения, очистки, осуществляется регенерация тепла уходящих дымовых газов, происходит прирост полезного отпуска тепла тепловому потребителю с сетевой водой, а также возможно вторичное использование золы в адсорбере для очистки газов от вредных примесей.

#### Литература:

1. Алексеев, В. И. Проектирование сооружений переработки и утилизации осадков сточных вод с использованием элементов компьютерных информационных технологий: Учебное пособие / В. И. Алексеев, Т. Е. Винокурова, Е. А. Пугачев — М.: Издательство АСВ, 2003. — 176 с.
2. Вильямс, Ф. А. Теория горения; Пер. с англ. / Ф. А. Вильямс — М.: Наука, 1973. — 29 с.
3. Померанцев, В. В. Основы практической теории горения / В. В. Померанцев — Л.: Энергия, 1973. — 264 с.
4. Исхакова, Р. Я. Очистка сточных вод предприятий химической промышленности карбонатным шламом (на примере ОАО «Казанский завод синтетического каучука»): дисс. ... канд. техн. наук / Р. Я. Исхакова — Казань, 2014. — 136 с.
5. ГОСТ 147–95 «Топливо минеральное. Определение высшей теплоты сгорания и вычисление низшей теплоты сгорания»
6. Буваков, К. В. Свойства минеральных сорбентов применительно к технологиям топливосжигания: автореферат дисс... канд. техн. наук. / К. В. Буваков — Томск, 2007. — 19 с.

## Параметры моделирования процессов эксплуатации и установления величины упреждающего допуска тормозных систем

Омаров Казбек Алтынсарович, доктор технических наук, профессор;  
 Булатов Нуржан Кажмуратович, кандидат технических наук, доцент;  
 Ерманов Берик Балтабаевич, магистрант;  
 Шарив Танат, магистр технических наук, преподаватель;  
 Смаханова Асель Ермаковна, магистр технических наук, преподаватель  
 Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева (г. Астана, Казахстан)

*В статье рассмотрены и установлены параметры тормозов подлежащих моделированию, эффективность системы контроля элементов и узлов тормозной системы. Разработана математическая модель определения упреждающего допуска элементов тормозов.*

**Ключевые слова:** тормозная система, моделирование, дифференциальные уравнение, подъемно-транспортная и строительно-дорожная машина.

При исследовании тормозных систем подъемно-транспортных и строительно-дорожных машин ПТСДМ некоторые неявные вопросы становятся реальными использованием процесса моделирования. В этом случае следует определить основные параметры тормозной системы, подлежащие процессу моделирования. Следует отметить, что в моделях эксплуатации ПТСДМ с тормозными системами параметрами подлежащих моделированию могут быть: режим работы тормозов; продолжительность их цикла или процесса выполнения технической операции; характер воздействия эксплуатационных нагрузок и окружающей среды на тормоза; время восстановления элементов и узлов тормозов; изменения технического состояния элементов тормозных систем и т.д. Кроме вышеуказанных факторов следует установить влияние на эксплуатационные параметры тормозных систем достоверности результатов контроля и качества восстановления элементов тормозов. Данный подход имеет две цели: установление количественных соотношений, описывающих влияние данных компонентов на параметры системы эксплуатации тормозов ПТСДМ, и оценить устойчивость системы эксплуатации тормозов к погрешностям исходных данных. Как известно, устойчивость любой системы, в том числе тормозной, характеризуется как свойство, связанное с затуханием реакции, данной системы на возбуждающее воздействие.

При возможности описания поведения системы эксплуатации тормозов ПТСДМ с использованием дифференциальных уравнений, то исследование устойчивости представляло бы собой анализ решений данных уравнений. Хотя данный процесс является достаточно сложным и трудоемким, в принципе выполняемый на основе теории Ляпунова об устойчивости движения.

Хотя большинство факторов, необходимые для учета при описании системы эксплуатации тормозов, являются недифференцируемыми функциями, случайности в законе изменения параметров такой системы не позволяют описать её с помощью дифференциальных уравнений. Следовательно, устойчивость исследуется на базе статистического моделирования процесса эксплуатации тормозной системы. В этом случае возмущающие воздействия рассматриваются

как погрешности в исходных данных и случайности в принятых решениях на восстановление элементов и узлов тормозной системы. Реакция элементов и узлов тормозной системы описывается выше рассмотренными показателями. Поэтому необходимо определить значение этих показателей в функции от возмущающих воздействий на тормозную систему ПТСДМ и установить характер их изменения во время моделирования. Необходимо рассмотреть вопросы, связанные с моделированием достоверности контроля и качества восстановления элементов и узлов и оценкой их влияния на введенные выше показатели. Следует отметить, что эффективность системы контроля элементов и узлов тормозной системы с точки зрения корректного заключения о состоянии контролируемого объекта, оценивается достоверностью результатов контроля  $H$ , которая связана с вероятностями ошибок первого и второго рода соотношением

$$H = 1 - (\alpha + \beta)$$

где  $\alpha$  — вероятность появления ошибок 1-го рода (неисправным признан фактически исправный объект);  $\beta$  — вероятность появления ошибок 2-го рода (исправный объект признан неисправным). Дополнительные проверки и ремонтно-регулирующие работы вызваны ошибками первого рода, что увеличивает трудозатраты на обслуживание. На эксплуатационные показатели тормозов ошибки второго рода непосредственно не влияют, поэтому примем  $\beta=0$ .

Знание плотности вероятности случайных погрешностей  $p(X/\alpha)$  измерительного тракта системы контроля позволяет производить расчет погрешностей измерения. Данный тракт включает в себя совокупность устройств (датчики, линии связи, коммутатор, преобразователи, нормализаторы и т.д.), каждое из которых вносит погрешность в результат измерения. Следует учесть, что при проектировании систем контроля предполагается о приблизительном равенстве и независимости погрешности. Данный момент позволяет считать распределение суммарной погрешности нормальным:

$$p(X/\alpha) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp - \left[ \frac{(x - \alpha)^2}{2\sigma^2} \right]$$

где  $p(X/a)$  — плотность вероятности измеренных значений при условии, что истинное значение измеряемой величины равно  $a$ ;  $x$  — результат наблюдения;  $\sigma$  — средняя квадратичная погрешность результата наблюдения.

Эксплуатация подъемно-транспортных и строительно-дорожных машин и оборудования с тормозными системами позволяет, а так же с введением упреждающего допуска позволяет получить ряд преимуществ по сравнению с эксплуатацией тормозной системы до отказа. Следует отметить, что, в свою очередь, предъявляет повышенные требования к точности его определения.

Следует удостовериться в том, что метод определения упреждающего допуска, базирующийся на решении задачи линейного программирования, позволяет точно вычислить его значение. При этом возникает задача оценки достоверности решения задачи линейного программирования. Правильность решения задачи линейного программирования заключается в получении решения данной задачи другим методом, принципиально отличающимся от первого. Применительно к задаче линейного программирования выбрать — в качестве контрольного метода — метод статистического моделирования. Выбор данного метода обусловлен простотой его реализации, наглядностью и легкостью интерпретации промежуточных и конечных результатов, а так же возможностью их получения с любой наперед заданной точностью, хотя последнее свойство метода связано с увеличением объема расчетов.

Принцип определения упреждающего допуска заключается в следующем: формулируется основная цель; рассматривается процесс эксплуатации тормозных систем ПТСДМ и взаимодействие блоков алгоритма и т.д.

Основная цель заключается в том, что для заданного случайного процесса следует установить такое значение  $t^*$ , которое позволяет достичь минимума средних удельных затрат при значительной по срокам эксплуатации тормозных систем ПТСДМ (строго, при  $t \rightarrow \infty$ ).

Процесс эксплуатации тормозной системы восстановление элементов которой производится только при отказе ( $t^*=F$ ). Если  $T$  — суммарное время наработки, в течение которого было совершенно  $n(T)$  восстановлений элементов тормозной системы ПТСДМ, при этом каждое восстановление элемента тормоза требует  $T_p$  чел.ч. В этом случае оценка средних удельных затрат  $Z_t^{yA}(F) = n(T)T_p * T^{-1}$ . Примем далее некоторый допуск  $d_1 < F$  при достижении которого следует производить предупредительные работы со средними затратами  $T_n < T_p$ . Считаем, что за время наработки  $T$  должно быть выполнено определенное число восстановлений элементов тормоза после его отказа  $n_1(T) < n(T)$  и некоторое количество восстановлений элементов тормозной системы типа предупредительных работ  $n_2(T)$ . Для данного случая оценку средних удельных затрат необходимо вычислить по зависимости:

$$Z_t^{yA}(i) = [n_1(T)T_p + n_2(T)T_n] * T^{-1}$$

Очевидно, что при варьировании значения величины  $T$  также будут измеряться величины  $n_1(T)$  и  $n_2(T)$ , а так

же и значение величины  $Z_t^{yA}(i)$ . При изменении значения  $i$  и фиксирование количества  $n_1(T)$  и  $n_2(T)$ , на основе зависимости (3) можно получить зависимость  $Z_t^{yA}(i)$ . Кривая данного выражения имеет в наличии единственный минимум по  $i$ , который размещается как внутри, так и на границе области работоспособности тормозной системы. Произведя выборку из полученной совокупности величин  $Z_t^{yA}(i)$  и найдя минимальное значение, определим соответствующее ему упреждающим допуск  $i$ , который и будет оптимальным по выбранному критерию.

Следует указать, что оценка величины  $Z_t^{yA}(i)$ , производилась для простоты и удобства расчетов не для абсолютных значений  $T$  и  $T_n$ , а для нормированной величины  $\sigma = T_n/T_p, 0 \leq \sigma \leq 1$ . Для вычисления искомого значения средних удельных затрат  $Z^{yA}(i) = \sum_{T \rightarrow \infty}^{lim} Z_t^{yA}(i)$ .

необходимо значительное по сроку время моделирования. Для практических расчетов величину  $T$  необходимо выбрать из условия, чтобы две соседние оценки  $Z_{kt}^{yA}$  и  $Z_{(k+1)T}^{yA}$  не отличались более, чем на заранее заданную малую величину  $\delta > 0$ , т.е.  $|Z_{kt}^{yA}(i) - Z_{(k+1)T}^{yA}(i)| \leq \delta$ , где  $k=1,2,3,\dots$  Однако при таком подходе есть одна особенность: оценка  $Z_{kt}^{yA}(i)$  является случайной величиной, а для того чтобы данная величина являлась статистически устойчивой, необходимо ее усреднить по множеству. Для этой цели при конкретном  $k=1,2,3,\dots$  вычисляют такие средние значения, чтобы модуль их разности не превышали  $\epsilon > 0$ . С целью выполнения данного условия величина  $(N+1)^{-1} \sum_{S=1}^{N+1} Z_{kt}^{yA(S)}(i)$  выбирается в качестве

оценки для  $Z_{kt}^{yA}(i)$ , в дальнейшем используемая для принятия решения об окончании моделирования и вычисления

величины  $Z_T^{yA}(i)$ .

На рисунке 1 показано взаимодействие блоков алгоритма, обеспечивающее решение данной задачи. Следует отметить, что оператором 1 вводятся следующие исходные параметры: матрица значений вероятностей переходов  $B_n$ , значение точности вычислений  $\delta$  и  $\epsilon$ , нормированные затраты  $\sigma$ . Цепь Маркова [1,2] моделирует оператор 2. Сравнение текущего состояния цепи Маркова с выбранным значением упреждающего допуска  $d_{yup}$  или с границей отказа  $F$  осуществляется в операторе 3.

В зависимости от полученного результата сравнения фиксируется либо ремонт, либо упреждающее восстановление элементов тормозной системы ПТСДМ и производится раздельное накопление их числа с помощью операторов 4 и 5. Оператор 6 суммирует числа шагов моделирования, что эквивалентно накоплению значения наработки. Следует указать, что достижение текущей на-

работки.



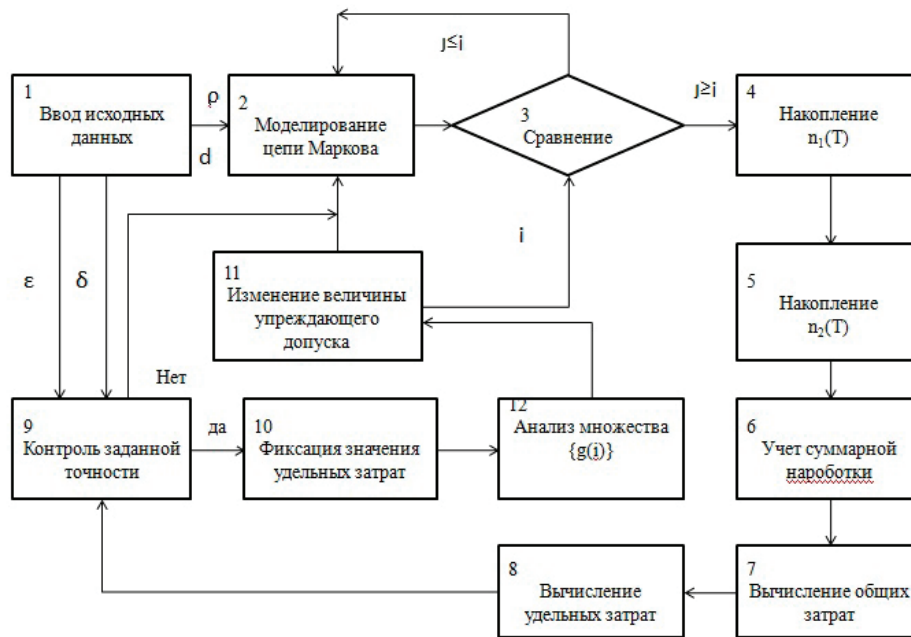


Рис. 1. Алгоритм определения момента оптимальной остановки

работки значения  $T$  обеспечивается вычислением общих затрат за этот период (см. оператор 7) и удельных затрат (см. оператор 8). В дальнейшем производится контроль точности (см. оператор 9) в начале по величине  $\epsilon$ , а далее по величине  $\delta$ . При недостижении точности процесс моделирования повторяется, в этом случае изменяется сначала количество реализации при каждом  $T$ , а затем величина  $K$ .

При выдерживании требований по точности оператор 10 фиксирует вычисленное значение  $Z^{yA}(i)$ , оператор 11 изменяет значение  $i$ , и процесс повторяется до тех пор, пока не будут исчерпаны все заданные значения  $i$ . В полученной выборке  $\{Z^{yA}(i), i = 1, 2, 3, \dots, F\}$  устанавливается значение:

$$Z^{yA^*}(i) = \min_i \{Z^{yA}(i)\},$$

которая определяет упреждающий допуск  $i^*$ . Для уменьшения объема вычислений вариация  $i$  должно производиться так, чтобы начальное значение было равно  $F$ , что позволяет при проведении анализа полученных значений  $Z^{yA}(i)$  (см. оператор 12), останавливать моделирование тогда, когда первый раз будет получено минимальное значение  $Z^{yA}(i)$ , определяемая по факту, при очередном значении  $Z^{yA}(i+1) > Z^{yA}(i)$ .

Анализ выражения (4) позволяет определить минимальное значение средних удельных затрат и соответствующие им оптимальные упреждающие допуски. Сравнение значений  $i^*(\sigma)$  полученные на основе метода статистического моделирования и решения задачи линейного программирования, позволяет доказать их идентичность, что

обеспечивает их достоверность результатов, полученных в результате применения алгоритма:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{s=1}^F x_{js} - \sum_{i=1}^F \sum_{s=1}^F x_{is} q_{sj} &= 0, \\ \sum_{i=1}^F \sum_{s=1}^F x_{is} - 1 &= 0, \end{aligned} \right\}$$

### Заключение

На основе анализа установлены параметры тормозов подлежащих моделированию: режим работы; продолжительность их цикла или процесса выполнения технологических операций; характер воздействия эксплуатационных нагрузок и окружающей среды на тормоза; время восстановления элементов и узлов тормозов; изменения технического состояния элементов тормозных систем и т.д.

Установлена эффективность системы контроля элементов и узлов тормозной системы. Разработан принцип определения упреждающего допуска элементов тормозов. На рисунке приведено взаимодействие блоков алгоритма, обеспечивающие решение задачи моделирования тормозной системы. Анализ полученных выражений позволяет определить минимальное значение средних удельных затрат и соответствующие им оптимальные упреждающие допуски.

### Литература:

1. Тихонов, В. И. Выбросы случайных процессов. М.: Наука, 1987. 632 с.
2. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем. М.: Наука 1988. 388с.



## Использование альтернативных источников энергии для освещения опасных участков автомобильных дорог

Павлова Анна Ивановна, магистрант  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*В статье было проанализировано использование альтернативных источников энергии для освещения аварийных участков автомобильных дорог. Было установлено, что средняя скорость ветра в Санкт-Петербурге позволяет использовать ветрогенераторы в качестве источника альтернативной энергии. Рассмотрены технические показатели ветрогенераторов. Построена диаграмма получаемой и требуемой солнечной энергии в среднем за год по Санкт-Петербургу. Сделаны выводы об использовании альтернативных источников энергии в нашем регионе.*

**Ключевые слова:** ветрогенераторы, солнечная энергия, освещение автомобильных дорог, среднемесячная скорость ветра, мощность солнечной батареи, солнечные батареи, энергия ветра, альтернативные источники энергии.

### 1. Введение

В настоящее время в Российской Федерации ведутся масштабные работы по развитию сети автомобильных дорог. Особое внимание при их проектировании, строительстве, реконструкции и капитальном ремонте уделяется вопросам обеспечения безопасности движения. Одним из важных элементов безопасного движения является освещенность трассы, особенно на опасных участках эксплуатируемых дорог.

По данным Росавтодора за 2014 год 37% аварий произошло из-за плохой освещенности дорог. Проблема освещения опасных участков дорог вдали от постоянных источников электроэнергии решается специалистами отрасли установкой альтернативных источников получения электроэнергии непосредственно в полосе отвода автомобильной дороги как на элементах обустройства, так и на искусственных сооружениях.

### 2. Альтернативные источники энергии

Альтернативная энергетика — совокупность перспективных способов получения энергии, которые распространены не так широко, как традиционные, однако представляют интерес из-за выгоды их использования при низком риске причинения вреда экологии [1]. К ним относятся: солнечная энергетика, ветроэнергетика, биомассовая энергетика, волновая энергетика.

Самыми распространенными являются: ветроэнергетика и солнечная энергетика. Каждый из названных способов имеет свои преимущества и недостатки технического и природного характера. Эффективность использования того или иного способа во многом определяется природно-климатическими факторами, в том числе: количеством солнечных дней, продолжительностью светлого и темного времени суток, наличием постоянно дующих ветров, их направлением. Эти факторы значительно различаются по своим показателям на территории нашей страны. В каче-

стве примера в статье рассмотрены природно-климатические факторы, характерные для Ленинградской области.

Ветроэнергетика — отрасль энергетики, специализирующаяся на преобразовании кинетической энергии воздушных масс в электрическую. Такое преобразование осуществляется с помощью ветрогенераторов.

Технические показатели условий работы ветрогенераторов:

- минимальная скорость ветра — 1 м/с;
- скорость ветра для выхода на номинальную мощность 6–10 м/с;

Среднемесячная скорость ветра по Санкт-Петербургу за 10 лет представлена на диаграмме 1 [2].

Для расчета в таблице 1 приведены среднемесячные скорости воздуха за каждый год за 10 лет. И рассчитана средняя в месяц скорость воздуха за 10 лет. Данные этой таблицы различны с данными СП 131.13330.2012 Строительная климатология, так как значения таблицы 1 взяты с поправками на изменчивость климата.

Среднее за 10 лет будем считать по формуле среднего взвешенного:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i},$$

где:

$w_i$  — вес вещественного числа,

$x_i$  — вещественное число.

Средне квадратичное отклонение высчитывается по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(a_1 - a)^2 + (a_2 - a)^2 + \dots + (a_n - a)^2}{n}}$$

где:

$a$  — это среднее взвешенное,

$a_n$  — это данная величина.

Таблица 1. Среднемесячная скорость воздуха за 2004–2014 год

год/месяц	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Среднее за 10 лет
Июль	4,9	7,9	6	8,2	8,9	8	5,5	7,9	7	7,2	7,1	7,1
Август	7	5,9	4	6,1	8,9	5,5	7	6,1	6,3	6,8	6,4	6,3
Сентябрь	5,8	6,5	5	6,3	8	5,6	7,2	9,8	7,8	7,5	7,8	7,1
Октябрь	5,9	5,9	5,9	8,1	6,5	6,6	7,1	7,1	7	7	7	6,7
Ноябрь	6	6,1	5,8	6,9	6	5,9	6,9	7,1	6,9	6,5	6,9	6,4
Декабрь	5,5	5	6	6,1	7,1	5,9	6,6	6	6,8	6,8	6,8	6,2
Январь	4,5	4,5	5,3	6,3	5	5,5	5,5	5,9	6,5	6,4	6,4	5,6
Февраль	4,9	5,5	4,9	6,1	6,2	5,5	6,1	5,9	5,9	5,7	5,8	5,7
Март	5,9	5,3	6,8	6,2	5,8	7	5	6,5	6,2	6,2	6,3	6,1
Апрель	5,1	5,1	6	6,2	8,9	6,6	6,6	7,3	5,9	5	5,8	6,2
Май	7,8	6,9	7,8	8	9,1	6,2	6,9	8,3	8	7	8	7,6
Июнь	7,3	6,3	9,6	9,5	8	6,1	6,7	9,5	9	8,9	8,9	8,1

Таблица 2. Среднеквадратичное отклонение

Месяц	Среднеквадратичное отклонение
Июль	1,174347
Август	1,134981
Сентябрь	1,30035
Октябрь	0,641022
Ноябрь	0,478634
Декабрь	0,614965
Январь	0,710953
Февраль	0,428528
Март	0,564881
Апрель	1,08586
Май	0,774597
Июнь	1,283107

По данным таблицы 1 построим диаграмму.

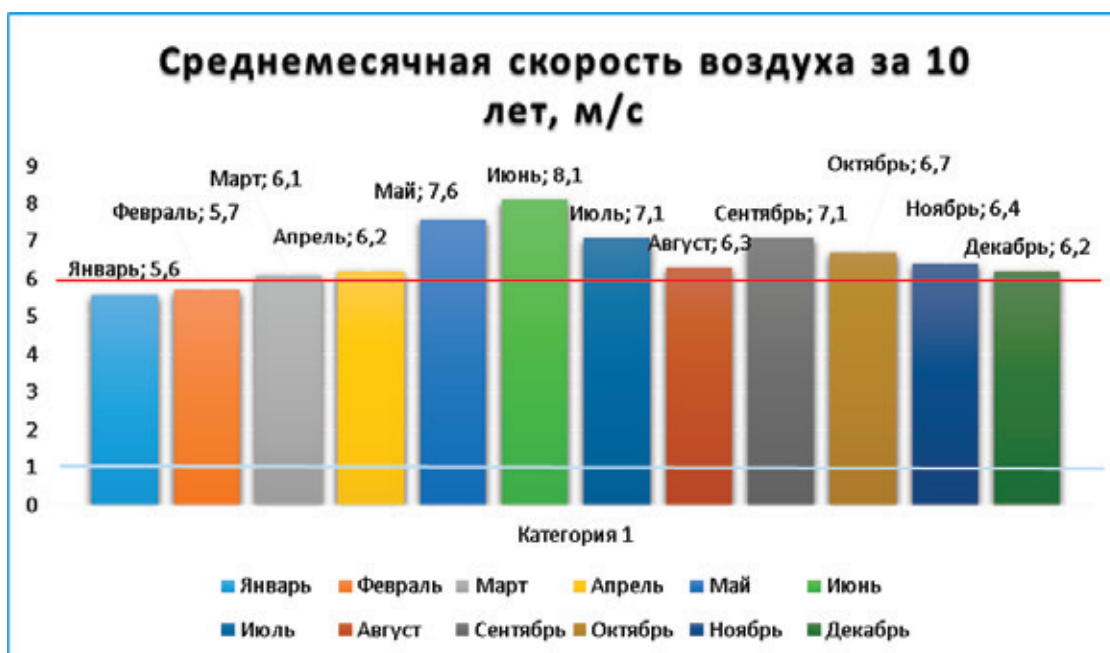


Рис. 1. Среднемесячная скорость ветра за 10 лет по городу Санкт-Петербургу

**Солнечная энергия**

Солнечная энергетика — направление альтернативной энергетики, основанное на непосредственном использовании солнечного излучения для получения энергии в каком-либо виде.

Для анализа мощностей от солнечной батареи необходимо учесть, что расход и накопление солнечной энергии в течении года не постоянны.

Среднемесячное число часов солнцестояния представлено на диаграмме 2 [1] Для аккумуляции энергии достаточно одного часа, но выход на номинальную мощность

происходит только от 10 часов солнцестояния, при поворотном механизме солнечных батарей.

Оптимально солнечная энергия накапливается и расходуется только в октябре и марте. В остальные месяцы солнечного света либо не хватает для аккумуляции энергии (ноябрь-февраль), либо период, требующий освещения очень мал, и энергия аккумулируется с избытком (апрель-сентябрь).

По данным диаграммы 3 видно, что мощность, поступающая от одной батареи размером 1600x800 и мощностью 230 Вт, в некоторые месяцы является избыточной, или недостаточной, чтобы это скомпенсировать необходимо

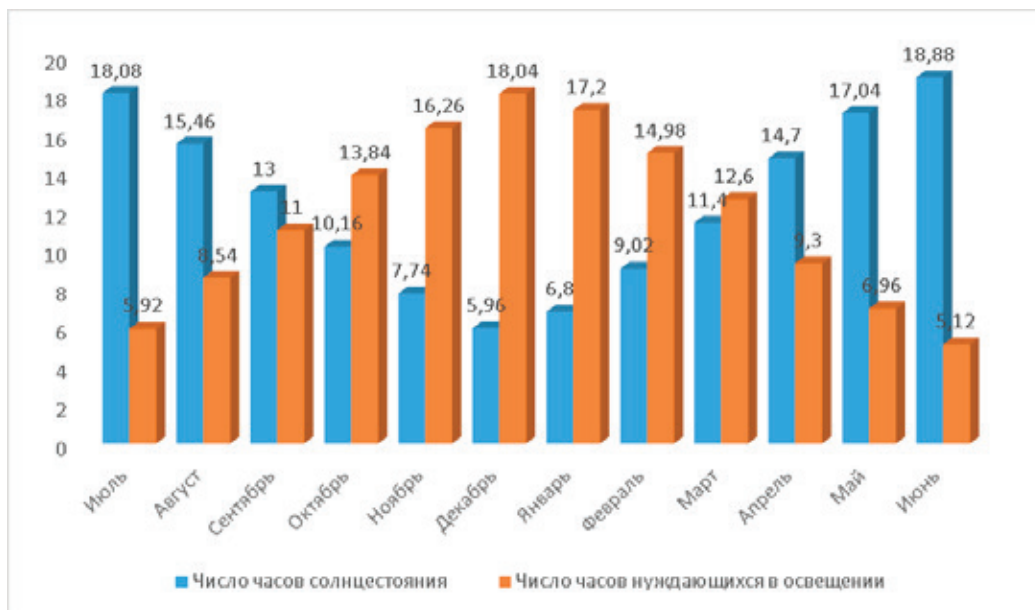


Рис. 2. Среднемесячное число часов солнцестояния

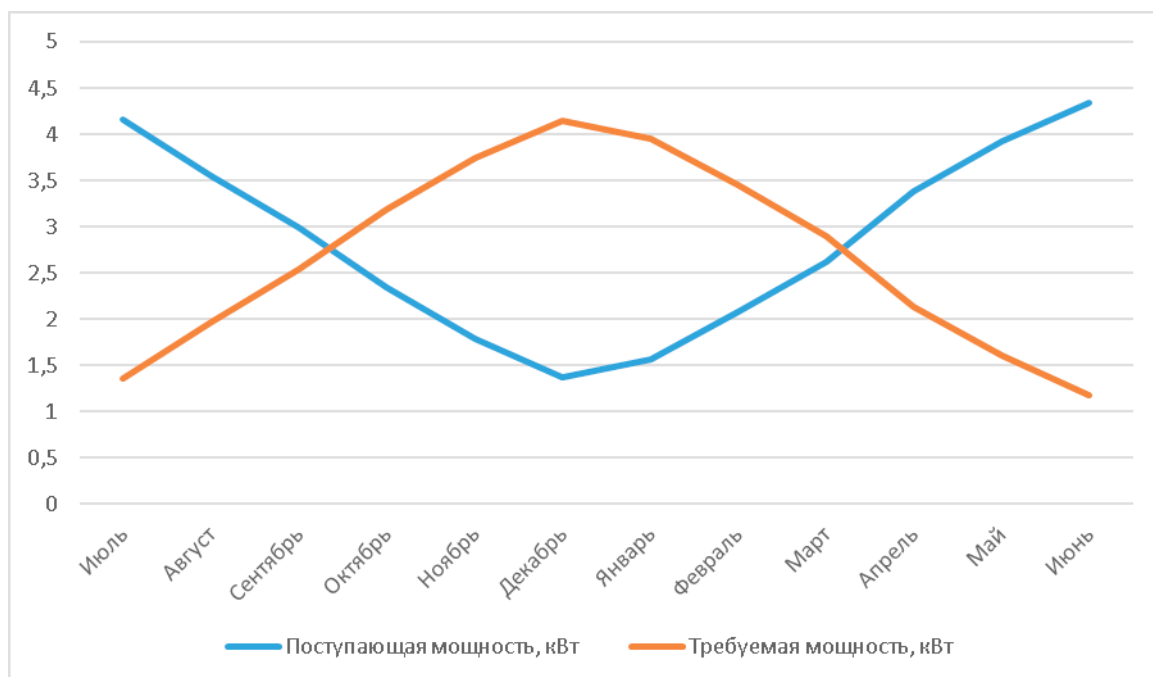


Рис. 3. Пересечение мощностей от солнечной батареи и потребляемой мощности

увеличивать площадь батарей в зимний период или изменять угол наклона для большего или меньшего попадания солнечного света. Стоимость одной батареи в среднем составляет 16000 руб, но в Ленинградской области необходимо устанавливать поворотный механизм для солнечных батарей, стоимостью от 150 169 руб, что увеличивает стоимость конструкции в 10 раз.

По данным диаграммы 3 видно, что мощность, поступающая от одной батареи размером 1600x800 и мощностью 230 Вт, в некоторые месяцы является избыточной, или недостаточной, чтобы это скомпенсировать необходимо увеличивать площадь батарей в зимний период или изменять угол наклона для большего или меньшего попадания солнечного света.

#### Литература:

1. Строительные нормы и правила: Строительная климатология: СНиП 23–01–99: Введ. 1.01.2000: Взамен СНиП 2.01.01–82. — М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2000. — 57 с: ил.
2. Атлас России [Электронный ресурс]. 2007–2014. URL: [http://www.atlas-yakutia.ru/weather/wind/climate\\_russia-III\\_wind.html](http://www.atlas-yakutia.ru/weather/wind/climate_russia-III_wind.html)

## Определение технических характеристик термоэлектрического радиатора

Папкин Борис Аркадьевич, кандидат технических наук;  
Иванов Денис Алексеевич, ведущий инженер-исследователь;  
Коротков Виктор Сергеевич, ведущий инженер-исследователь  
Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)

В настоящее время в Российской Федерации значительно увеличивается парк автотранспортных средств, энергоустановки которых наносят значительный урон окружающей среде. Двигатели внутреннего сгорания, особенно применяемые на транспорте, выбрасывают около четверти всех антропогенных парниковых газов, причем на долю углекислого газа приходится почти 90%. Эти выбросы напрямую связаны со сгоранием топлива и пропорциональны его расходу.

На большинстве транспортных средств тепло, выделяемое двигателем внутреннего сгорания, используется лишь частично, путем передачи доли тепловой энергии от системы охлаждения ДВС к системе отопления салона. И даже в этом случае более 30% энергии сгоревшего топлива рассеивается в атмосферу через охлаждающую жидкость.

Ведущие автопроизводители, в том числе General Motors, BMW и Toyota, разработали собственные термоэлектрические генераторы для утилизации тепловой энергии отработавших газов [1–3] и проводят их моделирование и испытания, как лабораторные [4, с. 685], так и в составе транспортных средств [5, с. 378]. При этом другой не менее перспективный источник выбрасываемой тепловой энергии, такой как система охлаждения двигателя, позво-

### 3. Вывод

В ходе написания статьи был выполнен сравнительный анализ ветроэнергетики солнечной энергии для Санкт-Петербурга и Ленинградской области из которого можно сделать следующие выводы:

1. Среднемесячная скорость ветра, рассчитанная за 10 лет по городу Санкт-Петербургу является достаточной для использования ветрогенераторов при выходе на номинальную мощность при скорости ветра 6м/с.

2. Для дальнейшего анализа эффективности использования солнечной или ветровой энергии необходимо выполнить углубленный экономический анализ.

ляющий дополнительно улучшить энергоэффективность ДВС, рассматривается гораздо реже. В связи с этим, задача использования тепловой энергии, рассеиваемой системой охлаждения, является актуальной, и позволит повысить энергоэффективность ДВС и снизить расход топлива. Одним из возможных направлений утилизации тепловой энергии, отводимой системой охлаждения ДВС, является прямое преобразование ее в электроэнергию в термоэлектрических генераторах.

В работах [6, с. 525] и [7, с. 813] представлено исследование термоэлектрического генератора, смонтированного в системе охлаждения двигателя внутреннего сгорания на место штатного радиатора охлаждения. Данный генератор представляет собой систему из двух видов охлаждения — жидкостного и воздушного и включает в свою конструкцию тепловые трубки. Горячий блок генератора имеет впускные и выпускные патрубки для циркуляции охлаждающей жидкости, поступающей из системы охлаждения двигателя. Термоэлектрические генераторные модули смонтированы на обеих сторонах горячего блока генератора. Чтобы увеличить эффективную площадь охлаждения термоэлектрического генератора, в конструкции предусмотрен ряд ребер, установленных на тепловых трубках.

На рисунке 1 представлены составляющие элементы термоэлектрического генератора, вид сбоку и внутренняя структура горячего блока. Стрелки указывают направление течения горячего теплоносителя, в качестве которого выступает охлаждающая жидкость.

Максимальная электрическая мощность представленного генератора, полученная в ходе лабораторных испытаний, составила 75 Вт, что позволило утилизировать лишь 0,4% тепловой энергии, рассеиваемой двигателем внутреннего сгорания (18 кВт) [6, с. 529] при движении транспортного средства со скоростью 80 км/ч.

Одним из наиболее значимых недостатков данной конструкции является наличие тепловых трубок, что значительно повышает себестоимость термоэлектрического генератора, а также снижает механическую прочность конструкции в целом.

Аналогичный генератор представлен в патенте [8], но в отличие от предыдущего примера, в конструкции могут применяться тепловые трубки различных конфигураций.

Примеры конструкции термоэлектрического генератора, предназначенного для утилизации тепловой энергии системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания, показаны на рисунке 2.

Более целесообразным подходом, как с точки зрения снижения себестоимости термоэлектрического радиатора, так и упрощения последующего его внедрения в транспортное средство, является сохранение габаритных и присоединительных размеров с изменением сердцевины радиатора. Это позволит использовать разработанный термоэлектрический радиатор в серийно выпускаемых транспортных средствах с сохранением компоновочной архитектуры подкапотного пространства.

На рисунке 3 показана конструкция, разработанного на базе радиатора 21230–1301012, термоэлектрического радиатора с сохранением его габаритных и присоединительных размеров.

Охлаждающая жидкость проходит по плоским трубкам (1), с двух сторон которых расположены термоэлектрические

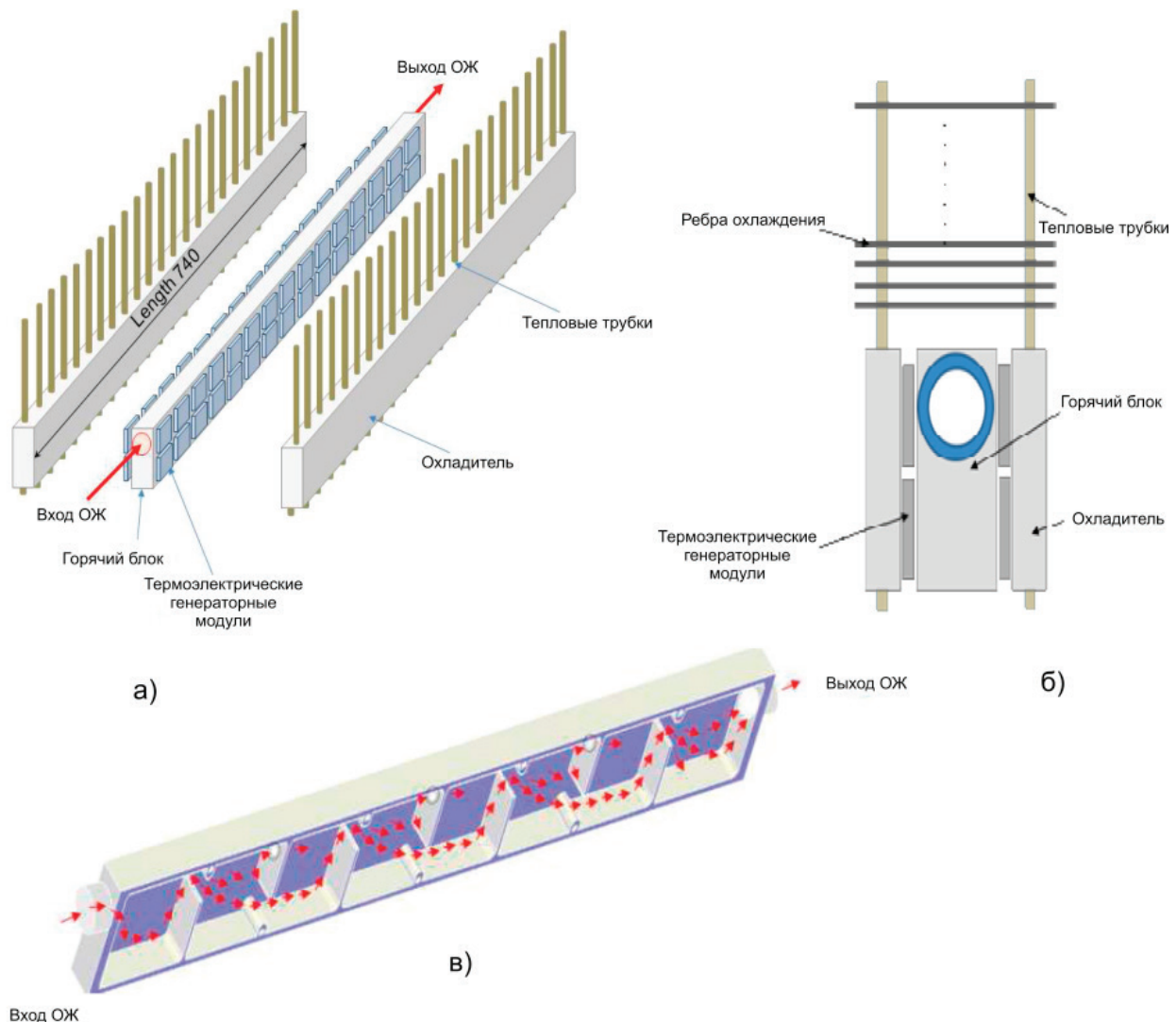


Рис. 1. Термоэлектрический генератор:  
 а) — составляющие элементы; б) — вид сбоку; в) — внутренняя структура горячего блока



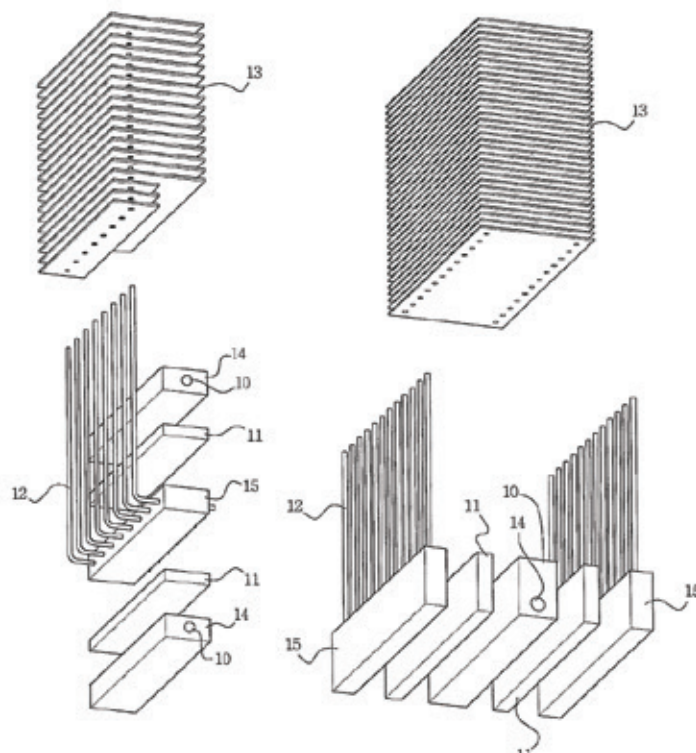


Рис. 2. Термоэлектрический генератор с тепловыми трубками различных конфигураций

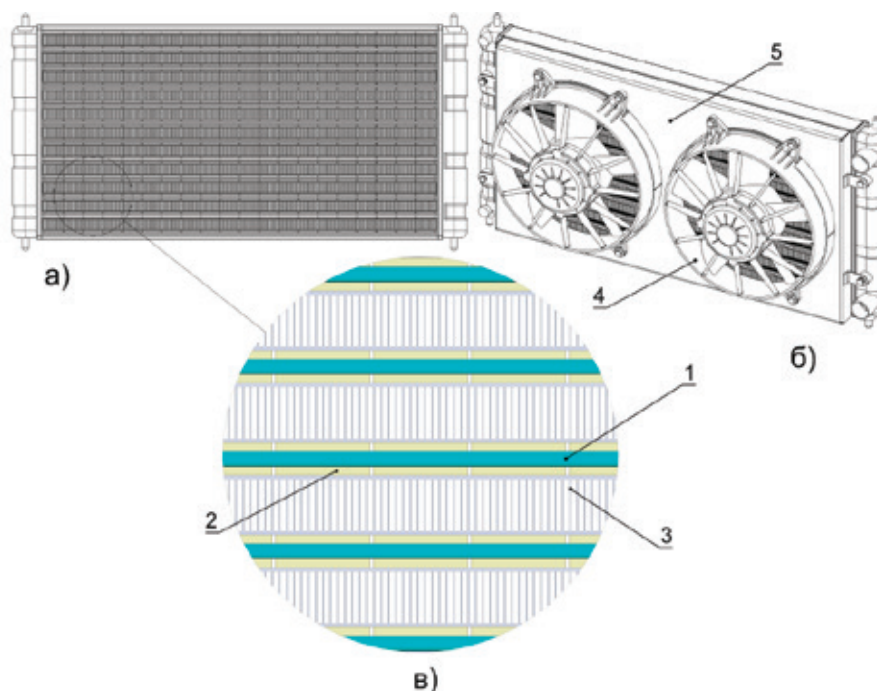


Рис. 3. Конструкция разработанного термоэлектрического радиатора: а) — вид спереди; б) — изометрический вид; в) — увеличенный местный вид; 1 — плоская трубка; 2 — термоэлектрический генераторный модуль; 3 — ребра охлаждения; 4 — вентилятор; 5 — кожух вентиляторов

ские генераторные модули (2), к холодным сторонам которых примыкают ребра охлаждения (3). Благодаря постоянному подводу теплоты от охлаждающей жидкости к горячим сторонам термоэлектрических генераторных модулей и одновременному отводу теплоты ребрами в окружающий воздух, возникает эффект Зеебека, позво-

ляющий получить электрическую энергию, направляемую либо в бортовую сеть транспортного средства или аккумуляторную батарею.

Для оценки работоспособности и эффективности разработанной конструкции термоэлектрического радиатора необходимо провести расчет его основных техни-



ческих характеристик. Целью данного расчета является определение электрической мощности термоэлектрического радиатора, которая может быть получена в результате утилизации теплоты, рассеиваемой системой охлаждения двигателя, а, следовательно, и тепловой мощности радиатора в целом и сравнение ее с аналогичной характеристикой радиатора, используемого в качестве прототипа.

Как видно из представленной конструкции термоэлектрического радиатора, его расчетную модель можно зна-

чительно упростить, выделив основной многократно повторяющийся функциональный модуль. Такой модуль будет состоять из плоской трубки, одного термоэлектрического генераторного модуля и ребер охлаждения. Расчеты, проведенные для упрощенной модели, с учетом их взаимного расположения, позволят оценить технические характеристики разработанного термоэлектрического радиатора в целом. Графическое отображение расчетной модели термоэлектрического радиатора представлено на рисунке 4.

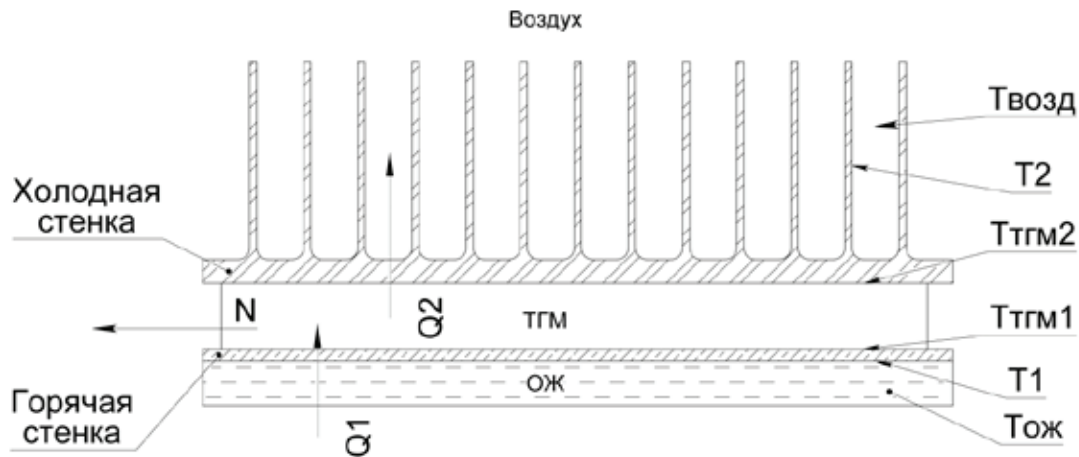


Рис. 4. Расчетная модель термоэлектрического радиатора

В общем случае, мощности тепловых потоков можно определить исходя из уравнений теплоотдачи и теплопроводности, следующих из закона Ньютона-Рихмана.

$$Q_1 = \alpha_1 \cdot A_1 \cdot (T_{ож} - T_1) \tag{1}$$

$$Q_{ТГМ} = k_{ТГМ} \cdot A_{ТГМ} \cdot (T_1 - T_2) \tag{2}$$

$$Q_2 = \alpha_2 \cdot A_2 \cdot (T_2 - T_{возд}), \tag{3}$$

где  $\alpha$  — коэффициенты теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>\*К;  
 $A$  — площади поверхности теплообмена, м<sup>2</sup>;  
 $T$  — температуры, К;

$k_{ТГМ}$  — средний коэффициент теплопроводности термоэлектрического генераторного модуля с учетом дополнительных горячей и холодной стенок, Вт/м<sup>2</sup>\*К.

Применяемые в рассматриваемых уравнениях, коэффициенты теплоотдачи от горячего и к холодному теплоносителю зависят от вида теплоносителя и его температуры, температурного напора, режима течения, состояния поверхности теплообмена и геометрии тела, поэтому они являются функциями процесса теплоотдачи и должны определяться в каждый момент времени независимо.

Средний коэффициент теплопроводности термоэлектрического генераторного модуля с учетом дополнительных горячей и холодной стенок также зависит от конструкции термоэлектрического генераторного модуля и используемых материалов и может быть определен по формуле:

$$k_{ТГМ} = \frac{1}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ТГМ}}{\lambda_{ТГМ}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}}, \tag{4}$$

где  $\delta$  — толщина элемента, м;  
 $\lambda$  — теплопроводность, Вт/м\*К.

Тепловой поток, рассеиваемый в окружающем воздухе, прямо пропорционален площади стенки и температурному перепаду между стенкой и воздухом. Если поверхность теплоотдачи одной стороны стенки увеличить с помощью металлических ребер, как это сделано в данном случае, то следует ожидать, что тепловой поток, относящийся к единице поверхности стенки, несущей оребрение, увеличится прямо пропорционально площади поверхности теплоотдачи. Однако, вследствие температурного градиента вдоль ребра, величина эффективного температурного напора значительно снизится. Поэтому общее увеличение теплового потока будет меньше ожидаемого. Для ребер с изолированной вершиной можно использовать следующее выражение:

$$Q_2 = \alpha_2 \cdot (A_M + \psi_p \cdot A_p) (T_2 - T_{возд}) \tag{5}$$

где  $A_M$  — площадь межреберного пространства, м<sup>2</sup>;  
 $A_p$  — площадь ребер, м<sup>2</sup>;  
 $\psi_p$  — коэффициент эффективности оребрения.

Коэффициент эффективности оребрения определяется геометрическими параметрами ребер:

$$\psi_P = \frac{\text{th}(m \cdot l)}{m \cdot l} = \frac{\text{th}(\sqrt{\alpha_2 \cdot \Pi / \lambda_2 \cdot A_f} \cdot l)}{\sqrt{\alpha_2 \cdot \Pi / \lambda_2 \cdot A_f} \cdot l} \quad (6)$$

где  $\Pi$  — периметр ребра, м;  
 $A_f$  — площадь одного ребра, м<sup>2</sup>;  
 $l$  — длина ребра, м.

При этом отдельно, необходимо учитывать преобразование тепловой энергии отработавших газов в термоэлектрических генераторных модулях в электрическую энергию с определенным коэффициентом полезного действия, который зависит от разницы температур холодной и горячей стороны [9, с. 143]:

$$Q_2 = Q_1 - N = Q_1 \cdot (1 - \eta_{ТГМ}) \quad (7)$$

Указанные зависимости (1–7), а также другие закономерности, применимые к процессам стационарного теплопереноса позволяют определить суммарную мощность теплового потока от охлаждающей жидкости к окружающему воздуху, а, следовательно, и электрическую мощность, вырабатываемую термоэлектрическим радиатором.

Как уже указывалось ранее, для разработки конструкции термоэлектрического радиатора был использован радиатор 21230–1301012. Суммарная тепловая мощность, рассеиваемая радиатором-прототипом при стандартных условиях ( $T_{\text{ож}}=80^\circ\text{C}$ ,  $T_{\text{возд.}}=20^\circ\text{C}$ ), составляет 34,8 кВт. Определение тепловой мощности при стандартных условиях производится при определенных расходах горячего и холодного теплоносителей. В данном случае они составляют, соответственно 5,5 м<sup>3</sup>/час и 5000 кг/час. Данные параметры необходимо использовать в качестве начальных условий при определении технических характеристик термоэлектрического радиатора.

Основным отличием термоэлектрического радиатора от традиционного, является наличие в его конструкции термоэлектрических генераторных модулей. В связи с этим необходимо задаться их характеристиками, которые повлияют не только на величину полезной электрической мощности, но и на процессы теплообмена. В данном расчетном исследовании используется модель термоэлектрических генераторных модулей Н-127–10–05-L2 производства ф. Crystal Ltd, основные характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики модуля Н-127–10–05-L2

Наименование параметра	Единица измерения	Значение
Максимальная температура применения	°C	150
Габаритные размеры (длина x ширина, высота)	мм x мм, мм	30 x 34, 2.8
Выходная электрическая мощность при температуре горячей стороны 150°C и градиенте температур 100°C	Вт	4.1
Мощность теплового потока, подводимого к горячей стороне, для получения максимальной мощности	Вт	97

Исходя из габаритных размеров термоэлектрических генераторных модулей и размеров радиатора-прототипа и ранее разработанной конструкции термоэлектрического радиатора, общее количество ТГМ составит 440, причем они могут быть равномерно распределены по 12 пло-

ским трубкам для циркуляции охлаждающей жидкости, выполненным из алюминиевого сплава. Геометрические параметры элементов термоэлектрического радиатора, применяемые в расчетах процессов теплообмена по разработанной модели, показаны на рисунке 5.

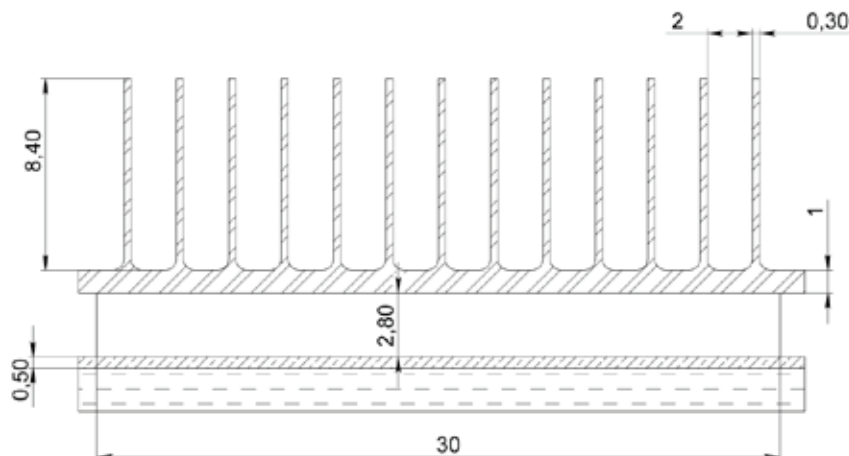


Рис. 5. Геометрические параметры элементов термоэлектрического радиатора

В результате расчета теплообмена с учетом начальных данных и геометрических параметров элементов термоэлектрического радиатора, была определена средняя температура на горячей стороне термоэлектрических генераторных модулей, которая составила 67,8°C. Итоговое значение тепловой мощности, отводимой от охлаждающей жидкости термоэлектрическим радиатором при стандартных условиях ( $T_{\text{ож}}=80^{\circ}\text{C}$ ,  $T_{\text{возд.}}=20^{\circ}\text{C}$ ), составило 17,2 кВт. А полезная электрическая мощность, вырабатываемая термоэлектрическими генераторными модулями, составила 708 Вт.

При стандартных условиях тепловая мощность термоэлектрического генератора, полученная в результате расчетных исследований, значительно ниже аналогичной характеристики штатного радиатора, что может негативно отразиться на работе двигателя внутреннего сгорания, а в частности, значительно увеличить тепловые нагрузки. Для увеличения тепловой мощности термоэлектрического генератора могут быть применены следующие решения:

- замена материалов элементов термоэлектрического генератора (трубок и ребер охлаждения) для увеличения их теплопроводности;
- изменение геометрических параметров элементов термоэлектрического генератора для снижения общего термического сопротивления;
- установка термоэлектрических генераторных элементов только на части трубок для охлаждающей жидкости.

Замена используемых в термоэлектрическом радиаторе материалов и оптимизация геометрических параметров позволит увеличить не только тепловую мощность, отбираемую от охлаждающей жидкости, но и электрическую мощность, получаемую в результате прямого преобразования

в ТГМ. Однако, вследствие относительно небольшого коэффициента теплопроводности термоэлектрических модулей, достижение требуемого значения тепловой мощности при реализации данных решений труднореализуемо.

Установка термоэлектрических генераторных элементов только на части трубок для охлаждающей жидкости значительно увеличит тепловую мощность, но негативно отразится на степени рекуперации тепловой энергии, отводимой системой охлаждения от двигателя внутреннего сгорания, т.к. часть энергии будет рассеиваться в окружающей среде без участия ТГМ. Таким образом, для достижения требуемых результатов по тепловой мощности термоэлектрического радиатора при сохранении эффективности рекуперации требуется комбинирование всех технических решений, приведенных ранее.

Разработанный термоэлектрический радиатор предназначен для утилизации части тепловой энергии, отводимой системой охлаждения двигателя внутреннего сгорания, с получением электроэнергии. Внедрение в конструкцию транспортных средств, оснащенных двигателями внутреннего сгорания, разработанного термоэлектрического генератора позволит снизить потребление топлива и уменьшить отрицательное техногенное воздействие вредных выбросов с отработавшими газами на окружающую среду.

Работа проводится при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках договора № 14.Z56.15.3290-МК от «16» февраля 2015 года об условиях использования гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых с организациями — участниками конкурсов, имеющими трудовые отношения с молодыми учеными МК-3290.2015.8.

#### Литература:

1. Gregory, P. Prior, GM global technology operations LLC. Internal combustion engine exhaust thermoelectric generator and methods of making and using the same // Патент США № 2013/0000285, 03.01.2013.
2. K. Shimoji, K. Suzuki, Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha. Thermoelectric generator for internal combustion engine // Патент США № 7687704, 30.03.2010.
3. Emitec Gesellschaft Für Emissionstechnologie Mbh, Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft. Thermoelektrische Vorrichtung mit Rohrbündeln // Патент Германии № 102009033613, 20.01.2011.
4. Khripach, N.A., Papkin B.A., Korotkov V.S., Zaletov D.V. Study of the Influence of Heat Exchanger Body Design Parameters on the Performance of a Thermoelectric Generator for Automotive Internal Combustion Engine // Biosciences Biotechnology Research Asia (ISSN 0973–1245), 2015, Vol. 12 (Spl. Edn. 2), p. 677–689. doi: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2084>.
5. Khripach, N.A., Papkin B.A., Korotkov V.S., Nekrasov A.S., Zaletov D.V. Effect of a Thermoelectric Generator on the Fuel Economy of a Vehicle Operating in a Real-world Environment // Biosciences Biotechnology Research Asia (ISSN 0973–1245), 2015, Vol. 12 (Spl. Edn. 2), p. 375–386. doi: <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2049>.
6. Baatar, N., Kim, S. A thermoelectric generator replacing radiator for internal combustion engine vehicles. *Telkomnika*. 2011. Vol.9, No.3 P. 523–530.
7. Kim, S., Park, S., Kim, S. and Rhi, S. — H. A thermoelectric generator using engine coolant for light-duty internal combustion engine powered vehicles. *Journal of electronic materials*. 2011. Vol. 40, No. 5 P. 812–816.
8. Kim, S., Park, S, Chungbuk National University Industry Academic Cooperation Foundation. Thermoelectric cooling and power-generating apparatus // Патент Кореи № 100986657, 10.08.2010.
9. Meng, F., Chen, L. and Sun, F. (2012). Effects of temperature dependence of thermoelectric properties on the power and efficiency of a multielement thermoelectric generator. *International Journal of Energy and Environment*, Volume 3, Issue 1, 137–150.

## Комплексный стенд для проведения автономных ресурсных испытаний свечей зажигания авиационных газотурбинных двигателей

Парфёнов Леонид Владимирович, студент  
Московский физико-технический институт

*В данной статье обоснована необходимость создания комплексного стенда для проведения автономных ресурсных испытаний авиационных свечей зажигания, в целях снижения затрат на их ресурсную отработку в составе емкостных систем зажигания при стендовых ресурсных испытаниях газотурбинных двигателей (ГТД). Представлено структурно-функциональное построение разработанного комплексного стенда для проведения автономных ресурсных испытаний.*

**Ключевые слова:** ресурсные испытания, свеча зажигания, испытательный стенд.

Для коммерческой авиации ресурс комплектующих элементов является чрезвычайно важным параметром. Для современных перспективных двигателей ресурс свечей зажигания должен составлять от 12 до 15 тысяч часов наработки в составе двигателя, при этом искровая наработка должна составлять не менее 120 часов. Ресурсные испытания свечей зажигания, как элемента горячего тракта двигателя, в настоящее время проводятся только в составе двигателя, что является достаточно затратной процедурой. В связи с этим, более целесообразно проводить автономные испытания свечей в условиях эквивалентных или максимально близких к условиям их работы в составе двигателя.

Целью данной работы является разработка структурно-функционального построения комплексного стенда для проведения автономных ресурсных испытаний свечей зажигания авиационных ГТД.

Основными внешними воздействующими факторами, оказывающими наибольшее влияние на ресурс свечей зажигания, являются температура, давление в зоне электродов и экранной части, а также выходные параметры агрегата зажигания: частота следования разрядов, энергия, запасенная на накопительном конденсаторе, амплитуда тока и длительность единичного искрового разряда, характер изменения разрядного тока. Диапазон воздействующих на свечи зажигания температур в современных двигателях может достигать 1000°C, давление воздействующее на зону электродов свечей составляет до 50 кгс/см<sup>2</sup> [1, с. 74], [2, с. 319], [3, с. 164]. Обеспечение сочетаний вышеуказанных факторов представляется возможным при использовании комплексного стенда для проведения автономных ресурсных испытаний свечей зажигания.

Свеча зажигания должна обеспечивать ресурс при различных видах запусков двигателя. В общем случае это: наземный запуск, высотный запуск с режима авторотации, высотный запуск с подкруткой стартером, высотный встречный запуск (запуск на выбеге роторов), ручные запуски от САУ [4, с. 39], [5, с. 99]. Кроме того, в процессе работы двигателя в условиях турбулентных возмущений требуются включения системы зажигания в ре-

жиме длительного функционирования для поддержания горения топлива в камере сгорания [6, с. 4]. При каждом из описанных видов запуска имеются свои различные комбинации температуры и давления. Разработка комплексного стенда для проведения автономных испытаний свечей зажигания, обеспечивающего изменение температуры и давления для каждого вида запуска на различных высотах и при различных условиях, позволит сократить общие затраты на проведение стендовых испытаний свечей зажигания в составе двигателя. Таким образом, появляется необходимость в разработке стенда для проведения испытаний свечей зажигания при определенных сочетаниях температуры (до 1000°C) и давлении (до 50 атмосфер).

Такой комплексный стенд также позволит, при температурах, близких к реальным, произвести проверку наиболее ответственных высоковольтных элементов кабеля зажигания (высоковольтных соединителей агрегата зажигания и свечей).

Включение в состав стенда термокамеры для испытания агрегатов зажигания должно обеспечить выполнение их проверки при реальных рабочих напряжениях на высоковольтных элементах. Таким образом, данный стенд позволит оценивать не только свечи, но и системы зажигания в целом.

Структурно-функциональная схема стенда приведена на Рисунке 1. Основными структурными элементами стенда являются: испытательная камера, блок управления, рампа с баллонами, пневматическая арматура стенда, блок питания нагревателя, блок реле, персональный компьютер (далее ПК).

В испытательную камеру устанавливаются испытываемые свечи зажигания (2 шт.), нагревательный элемент, термомпара. Блок управления содержит в себе контролируемые параметры температуры и давления, устройства сопряжения регуляторов с персональным компьютером, блок питания регуляторов, реле времени. Рампа с баллонами содержит баллоны высокого давления со сжатым воздухом и редукторы. Пневматическая арматура стенда содержит впускные и выпускные электроклапаны, жиклеры, механический перепускной клапан, охладитель,



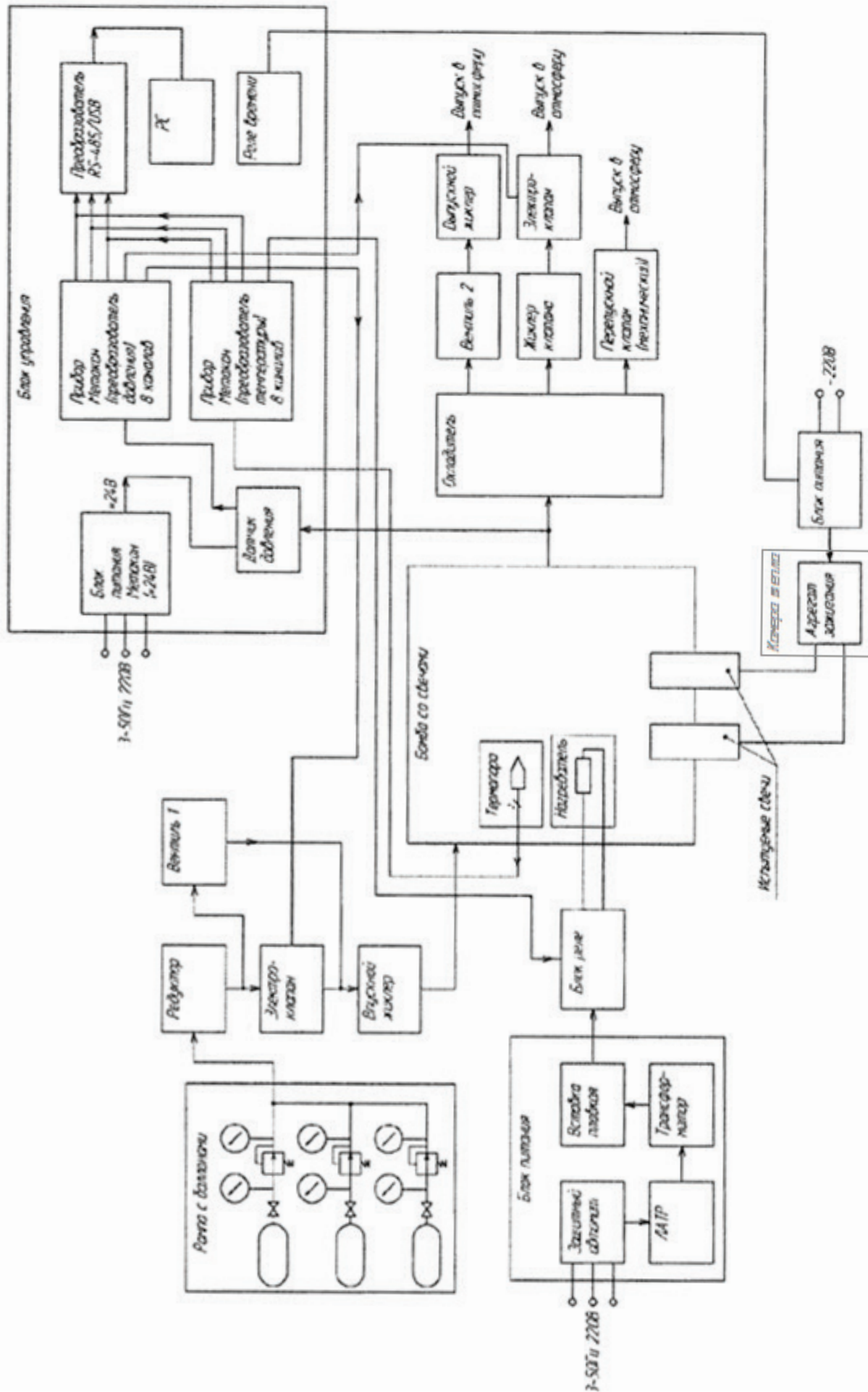


Рис. 1. Структурная схема стенда

вентиль. Блок питания нагревателя содержит защитный автомат, ЛАТР, трансформатор напряжения и вставку плавкую. Блок реле содержит реле, коммутирующее напряжение питания на нагреватель. Для обеспечения включений свечей при проведении испытаний предназначена блок питания, технологический агрегат зажигания и реле времени, встроенное в блок управления.

Стенд работает следующим образом. Испытуемые свечи зажигания устанавливаются в испытательную камеру (далее камеру) к которой подведены арматура повышенного давления, элементы питания нагревательного элемента, соединители датчиков температуры и давления. В качестве источника давления воздуха используется рампа с баллонами. На выходе рампы имеется общий редуктор, с помощью которого устанавливается первоначальное давление в камере. Подача воздуха в камеру осуществляется при помощи электроклапана, который открывается по сигналу с регулятора при снижении давления менее установленного значения. Для предотвращения резкого возрастания давления в камере при открытии впускного электроклапана между ним и камерой установлен жиклер с малым сечением отверстия.

Для снижения температуры выходящего из камеры воздуха предназначен охладитель.

В стенде предусмотрены два режима поддержания требуемого расхода воздуха через испытательную камеру: ручной и автоматический. При этом в автоматическом режиме возможно осуществление двух способов обеспечения расхода воздуха: поддержание постоянного расхода воздуха и обеспечение периодического обновления объема воздуха внутри камеры. Для аварийного сброса воздуха из камеры, при превышении давления в ней критичного значения, предназначен механический перепускной клапан. Давление в камере контролируется при помощи датчика давления.

Нагрев воздуха в камере осуществляется при помощи размещенного в ней нагревательного элемента. Питание нагревательного элемента осуществляется от сети переменного тока напряжением 220В промышленной частоты. Переменное напряжение первоначально подается на ЛАТР, а затем на трансформатор. Трансформатор предназначен для обеспечения безопасной работы нагревательного элемента: он обеспечивает снижение сетевого напряжения до напряжения, несколько выше требуемого значения (для обеспечения запаса по мощности). Таким образом, даже при случайной подаче на выход трансформатора сетевого напряжения, напряжение на нагревательном элементе будет в пределах допустимых значений для его безопасной работы. ЛАТР позволяет регулировать напряжение на первичной обмотке трансформатора, в результате чего изменяется напряжение на его вторичной

обмотке, а, следовательно, и мощность, выделяемая на нагревательном элементе. Коммутация напряжения питания на нагревательный элемент осуществляется при помощи реле, которое срабатывает по сигналу управления от регулятора. Для защиты цепей питания от короткого замыкания в первичных цепях блока питания предусмотрен защитный автомат. Для защиты цепей питания нагревательного элемента — вставка плавкая. Постоянное напряжение питания клапанов, датчика давления и реле блока реле обеспечивается блоком питания, встроенным в блок управления.

Управление и контроль параметров стенда осуществляется при помощи двух регуляторов, питание которых осуществляется от сети переменного тока напряжением 220В промышленной частоты. Для того, чтобы регуляторы не вошли в автоколебательный процесс при регулировании температуры и давления, задание параметров осуществляется с указанием ширины зоны гистерезиса.

Регуляторы оснащены интерфейсом RS-485. Для удобства работы с регуляторами применен преобразователь USB/RS-485, при помощи которого осуществляется связь регуляторов с персональным компьютером, для осуществления контроля и записи параметров (температуры, давления) в камере, а также установление значения параметров, относительно которых осуществляется регулирование.

Включения свечей зажигания обеспечиваются при помощи технологического агрегата зажигания и блока питания. Технологический агрегат должен быть того типа, с которым непосредственно работают свечи на конкретном двигателе. При этом обеспечена возможность проведения включений по заранее заданному циклу при помощи реле времени, встроенного в блок управления или при помощи ПК.

Аналогичные установки для оценки ресурса свечей зажигания создаются и за рубежом [7, с. 3]. В России подобная установка создана для плазменно-струйных систем зажигания [8, с. 141]. Таким образом, для широко используемых емкостных систем зажигания появляется необходимость создания подобной установки с целью соответствия международному техническому уровню и обеспечению оценки ресурса без испытаний свечей зажигания в составе двигателя.

Создание данного стенда для проведения автономных ресурсных испытаний свечей зажигания путем обеспечения изменения температуры и давления для каждого вида запуска на различных высотах и при различных условиях снижает финансовую и временную нагрузку на работы по установлению и повышению их ресурс, и позволит выбрать наиболее объективные критерии для перевода свечей зажигания на эксплуатацию по техническому состоянию.

#### Литература:

1. В.А. Зрелов. Отечественные газотурбинные двигатели. Основные параметры и конструктивные схемы: Учебное пособие. М.: ОАО Издательство «Машиностроение», 2005.



2. Иностранные авиационные двигатели. Справочник ЦИАМ, XIII издание, М.: издательство «Авиамир», 2000.
3. А. А. Иноземцев, М. А. Нихамкин, В. Л. Сандрацкий, Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок, Том 2., М.: Машиностроение, 2008.
4. В. А. Сосунов, В. Ю. Литвинов. Неустановившиеся режимы работы авиационных газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1975.
5. М. А. Алабин, Б. М. Кац, Ю. А. Литвинов. Запуск авиационных газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1968.
6. GE Business & General Aviation: Lighting That Fire. The proper use of continuous ignition.
7. Проспект AUBURN, Turbine engine igniter application and service manual.
8. Ф. А. Гизатуллин, Ф. Г. Бакиров, И. З. Полещук, Р. М. Салихов, А. В. Лобанов, Р. А. Каримов, В. А. Чигвинцев. Универсальный экспериментальный стенд по исследованию устойчивости дугообразования в плазменных системах зажигания. Вестник Уфимского Государственного Авиационного Технического Университета. 2013. Т. 17. № 1 (54).

## Методы обнаружения первичных пользователей в когнитивных радиосетях

Ролич Максим Леонидович, аспирант

Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики (г. Новосибирск)

В настоящее время системы беспроводной связи столкнулись с большой проблемой: множество устройств активно используют беспроводную среду для передачи данных. Как результат требуется вовлечение больших ресурсов спектра.

В то же время различные полосы спектра используются не равноценно, сильна зависимость загруженности спектра от количества пользователей и времени использования. Наиболее яркими примерами не эффективного использования частотных ресурсов являются сети ТВ вещания. Не полная утилизация ресурсов спектра в свою очередь позволяет применять не используемые в данный момент участки спектра первичных, лицензируемых пользователей (PU), для нужд вторичных, не лицензируемых пользователей (SU). С этой целью была разработана концепция когнитивного радио, которая позволяет реализовать данный механизм совместного доступа к спектру.

Сканирование спектра используется для обнаружения присутствия или отсутствия сигналов PU в радиосреде. Что определяет возможность доступа к среде SU.

В общем виде сканирования спектра можно выразить как задачу бинарной проверки гипотезы:  $H_0$  — первичный пользователь отсутствует,  $H_1$  — первичный пользователь работает со спектром [1, с.1].

Вероятность корректного обнаружения первичных пользователей  $P_d$  и вероятность ложной тревоги  $P_f$  имеют

важное значение для оценки эффективности обнаружения и определяются как [2, с.3]:

$$\begin{aligned} P_d &= P(\text{decision} = H_1) & | H_1 \\ P_f &= P(\text{decision} = H_1) & | H_0 \end{aligned} \quad (1)$$

Одной из групп методов сканирования спектра является метод обнаружения передатчика — метод основанный на обнаружении вторичными пользователями слабого сигнала от первичного передатчика. Обобщённая модель метода обнаружения передатчика может быть выражена как:

$$x(n) = \begin{cases} w(n) & H_0 \\ y(n) + w(n) & H_1 \end{cases} \quad (2)$$

где  $x(n)$  — принятый сигнал,  $y(n)$  — передаваемый сигнал,  $w(n)$  — шум.  $H_0$  — нулевая гипотеза, согласно которой в определенной полосе частот нет первичных пользователей, а  $H_1$  указывает на наличие первичных пользователей в данной полосе частот [3, с.3].

Существует три различных метода, используемых в методе обнаружения передатчика: согласованного фильтра, обнаружения энергии и циклоstationарная функция обнаружения. Наиболее простой метод для определения присутствия или отсутствия первичных пользователей в спектре основан на обнаружении энергии. Ключевым преимуществом данного метода является простота реа-



Рис. 1. Блок-схема метода обнаружения энергии

лизации и отсутствие необходимости априорной информации от первичного передатчика.

Согласно рис. 1 входной сигнал  $x(t)$  проходит через полосовой фильтр, с целью ограничения шума и выделения рабочей полосы частот. Шум на выходе фильтра является

ограниченным по частоте и имеет плоскую спектральную плотность. Мощность  $Y$  на выходе интегратора, сравнивается с пороговым значением для сравнения с  $H_0$  и  $H_1$  гипотезами, после чего принимается решение о присутствии или отсутствии PU.

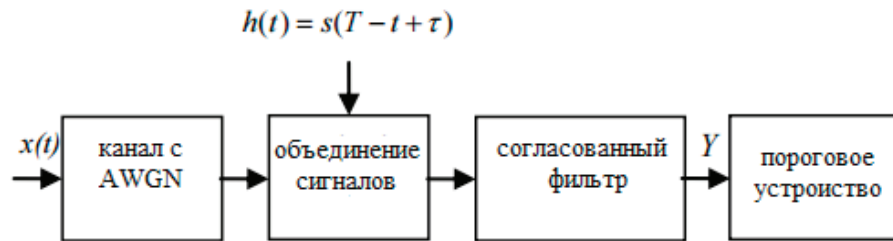


Рис. 2. Блок-схема метода согласованного фильтра

Метод согласованного фильтра применяется для получения максимального отношения выходного сигнала к шуму для данного выходного сигнала при наличии в канале стохастического аддитивного шума. Данный фильтр сравнивает текущий сигнал со сдвинутой во времени версией сигнала и после сравнивает итог с предустановленным пороговым значением. Как показано на блок-схеме на рисунке 2, сигнал от первичного пользователя  $x(t)$  сворачивается со сдвинутой во времени  $h(t)$  заранее известной версией сигнала  $x(t)$ . Итоговый сигнал сравнивается с пороговым значением и принимается решение о присутствии первичного пользователя.

Использование циклостационарной функции является наиболее сложным методом, применяемым для сканирования спектра среди трех вышеупомянутых. Данный метод обнаружения использует периодичность принимаемого первичного сигнала для определения наличия первичных пользователей. Преимуществом данного метода является возможность выделения сигнала первичных пользователей среди помех и шумов [4, с.3].

Проведем моделирование процесса обнаружения первичных пользователей с применением метода обнаружения энергии. При активности первичных пользователей, принимаемый вторичными пользователями сигнал, может быть представлен как:

$$y(n) = s(n) + u(n) \tag{3}$$

где  $s(n)$  — сигнал от первичных пользователей, являющийся независимо и равномерно распределенным случайным процессом со средним равным нулю и дисперсией равной  $\sigma^2$ ;  $u(n)$  — гауссовый шум, являющийся независимо и равномерно распределенным случайным процессом со средним равным нулю и дисперсией равной  $\sigma^2$ .

Тестовая статистика для обнаружения энергии является случайной величиной и определяется по формуле [1, с.3]:

$$T(y) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (y[n])^2 \tag{4}$$

где  $N$  — количество выборок сигнала.

Обобщённое выражение для определения вероятности обнаружения  $P_d$  выразим как:

$$P_d = T(y) > \varepsilon | H_1 \tag{5}$$

где  $\varepsilon$  — пороговое значение.

Сигнал считается распознанным если принятый уровень энергии больше чем заданное пороговое значение. Теоретическое пороговое значение в данном случае согласно [5, с.4] может быть найдено по формуле:

$$\varepsilon = Q^{-1}(P_f) * \frac{1}{\sqrt{N}} + 1 \tag{6}$$

где  $Q(\cdot)$  — дополнительная функция распределения стандартной гауссовой функции:

Согласно [5, с.4] теоретическая вероятность обнаружения может быть найдена по формуле:

$$P_d = Q\left(\frac{1}{\sqrt{2\gamma+1}}(Q^{-1}(P_f) - \sqrt{N}\gamma)\right) \tag{7}$$

где  $\gamma$  — отношение сигнал/шум (SNR),  $P_f$  — вероятность ложного срабатывания.

Производительность детектора энергии может быть описана с помощью рабочих характеристик приемника (ROC – кривых). График ROC — кривых позволяет оценить качество моделируемого детектора энергии, путем визуализации соотношений между корректными обнаружениями первичного пользователя  $P_d$  и ложными срабатываниями  $P_f$ . Анализ результатов моделирования представляется как определение площади, ограниченной ROC-кривой и осью доли ложных положительных классификаций. Чем выше данная кривая, тем качественнее осуществляется определение первичных пользователей, при этом значение 0,5 демонстрирует непригодность выбранного метода классификации и соответствует случайному гаданию.

Для моделирования применим метод Монте-Карло. Количество выборок сигнала примем равным  $N = 1000$ .

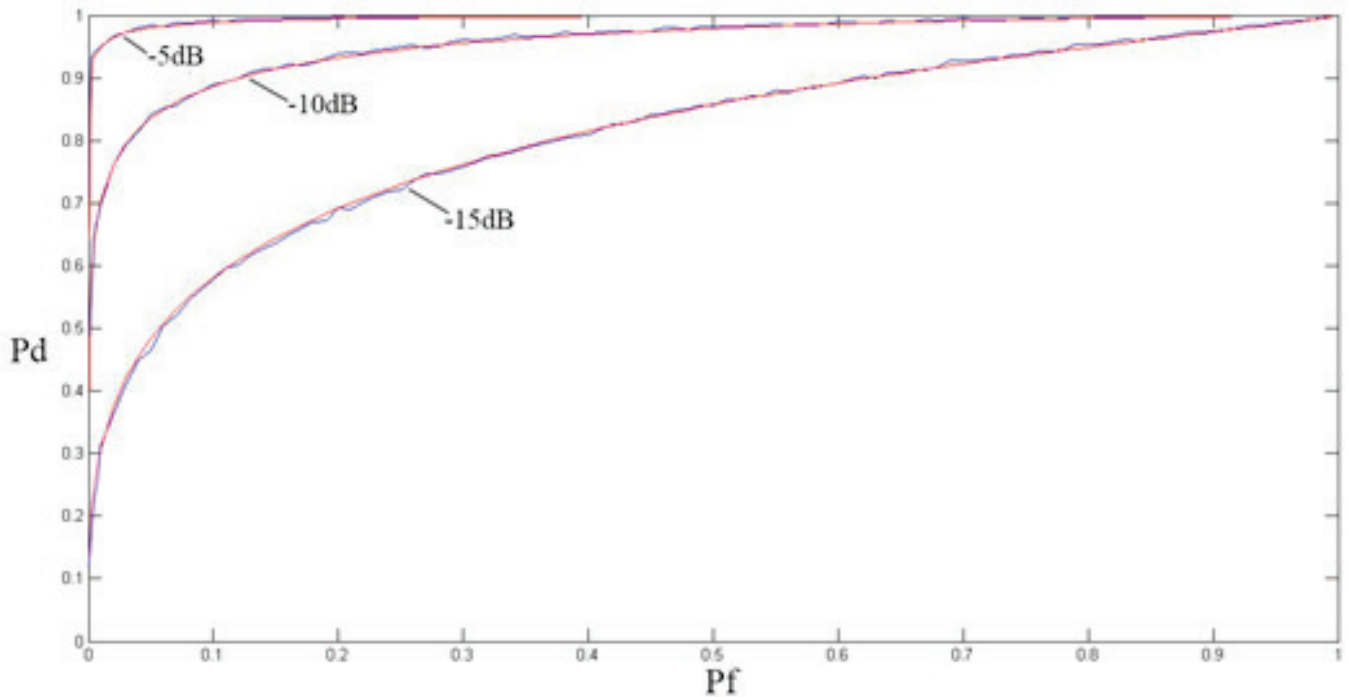


Рис. 3. Вероятности обнаружения первичных пользователей методом обнаружения энергии при различных значениях SNR

Моделирование выполним для трех значений сигнал/шум:  $-5\text{dB}$ ,  $-10\text{dB}$ ,  $-15\text{dB}$ .

На рис. 3 представлены кривые теоретической вероятности обнаружения и результаты моделирования вероятности обнаружения первичных пользователей методом обнаружения энергии при различных значениях SNR. Как видно из рис. 3. с уменьшением отношения сигнал/шум, кривые снижаются и, следовательно, ухудшается качество распознавания первичных пользователей в сети. Если при отношении  $S/N$  равном  $-5\text{dB}$  можно говорить практически

об безошибочной работе приемника, то при  $\text{SNR} = -15\text{dB}$  качество распознавания присутствия первичных пользователей в сети значительно ухудшилось. Следует заметить, что при  $\text{SNR} = -20\text{dB}$  кривая рабочих характеристик приемника приближается к диагональной прямой, что практически соответствует случайному гаданию. В связи с этим для реальных условий работы при зашумленном канале требуется применение оптимизированных методов обнаружения энергии, таких как кооперативное сканирование спектра или применение для сканирования множества антенн.

#### Литература:

1. M.H Mohamad, N. M. Sani, Energy Detection Technique in Cognitive Radio System, International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol:13 No:05, 2013.
2. Akyildiz, I. F., Lo, B. F., & Balakrishnan, R. Cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks: A survey. Physical Communication, 4 (1), 2011.
3. Dong-Chan Oh and Yong-Hwan Lee April 2009 Energy Detection Based Spectrum Sensing for Sensing Error Minimization in Cognitive Radio Networks, International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS), No. 1, 2009.
4. Ma, J., Li, G. Y., & Juang, B. H. Signal processing in cognitive radio. Proceedings of the IEEE, 97 (5), 2009.
5. YC Liang, Y Zeng, ECY Peh, AT Hoang Sensing-throughput tradeoff for cognitive radio networks IEEE transactions on wireless communications, Vol. 7, No. 3, March 2008.

## Безопасность при эксплуатации газотурбинных установок в газоперекачивающих аппаратах насосных станций

Сайфуллин Альберт Аглямич, инженер

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева

Виноградова Наталья Вадимовна, студент

Казанский (Приволжский) федеральный университет

В современном мире широко используются авиационные газотурбинные установки в различных областях науки и техники. Поэтому встает необходимость в более точном контроле для повышения безопасности эксплуатации газоперекачивающих аппаратов используемых в насосных станциях при перекачке топлива. В процессе эксплуатации заметно снижаются показатели мощности. При эксплуатации ГТУ в ГПА происходит предел по наработке. Встречается ряд дефектов, проявление которых на горячих режимах способно вызвать серьезные разрушения элементов газоздушного тракта. Диагностирование на холодном режиме по акустическим характеристикам при небольших скоростях ставит своей целью выявление тех дефектов, которые не могут быть определены на горячих режимах. Концентрации различных соединений образующихся в процессе сгорания топливно-воздушной среды зависят от режимов работы ГТУ. Одним из путей снижения экологических выбросов в атмосферу и повышение экологической безопасности ГТУ послужит переход на эксплуатацию по техническому состоянию. Наиболее перспективным методом для оценки технического состояния турбин ГПА является акустический метод диагностирования проточной части двигателя, который, в настоящее время внедряется на предприятиях для оценки годности двигателя в процессе испытаний [1,2]. Строительство, замена и модернизация различных узлов и агрегатов это конечно приносит результат, но не всегда экономично. В последнее время получили широкое распространение методы с использованием математической модели ГПА ГТУ, используемые при диагностике авиационных ГТД, но эти методы не достаточно точны, так как они обобщают индивидуальные характеристики двигателя. Фактом, оказавшим влияние на выбор принятого направления исследований, стал один из характерных дефектов проточной части ГТУ — прогар лопаток неподвижного соплового аппарата турбины. Появление этого дефекта связано с нарушением системы охлаждения лопаток соплового аппарата. Например, из-за попадания в дефлектор частиц истираемого уплотнения над лопатками последних ступеней компрессора. В настоящее время данный дефект в эксплуатации обнаруживается лишь при периодических осмотрах эндоскопами, хотя развитие дефекта от зарождения до почти полного выгорания одной или нескольких лопаток происходит за очень короткий промежуток времени — от нескольких минут до нескольких часов.

Диагностические исследования проводились в лаборатории технической диагностики. Она состоит из акустического бокса, диагностической установки, систем воздухопитания, электропитания, управления, измерения, сбора и обработки акустических и газодинамических параметров. Акустический бокс представляет собой заглушенную камеру, размещенную в отдельном изолированном помещении. Система воздухопитания предназначена для обеспечения и поддержания заданного расхода воздуха через продуваемую модель. Система воздухопитания обеспечивает расход воздуха до 1 кг/с и среднюю скорость потока до 45 м/с. Для измерения акустических параметров воздушного потока, продуваемого через модель, использован анализатор спектра 01012 фирмы RFT. Выбор блока камеры сгорания, как объекта исследования, обусловлен возможностью имитировать один из наиболее характерных дефектов проточной части двигателя. Жаровая труба и сопловой аппарат турбины, конструктивно входящие в камеру сгорания, наиболее подвержены разрушающему воздействию высокотемпературного скоростного газового потока, поэтому прогары, нагарообразование и коррозия жаровой трубы и соплового аппарата являются распространенными дефектами проточной части двигателя. Применение модели взамен реальной камеры сгорания вызвано техническими возможностями системы. Оно позволило снизить затраты на продувку. Расчет показывает, что для продувки на одних и тех же скоростях камеры сгорания и приведенной модели требовалось подводить энергию в соотношении 8:1. Применение модели позволило упростить конструкцию и снизить стоимость вентилятора, системы воздушных магистралей и системы электропитания. Далее уменьшить до приемлемых размеров полезный объем и площадь эхопоглощающего покрытия акустического бокса, а применение теории подобия позволило уменьшить погрешности, вызванные моделированием. Использование в модели натуральных лопаток соплового аппарата блока камеры сгорания двигателя позволило с наибольшей точностью смоделировать процесс обтекания лопаток газовым потоком. Для испытаний было отобрано семь сопловых лопаток 1-й ступени турбины двигателя НК-8, одна из которых, не имеющая дефекта, обозначена индексом «Э», а остальные шесть лопаток имеют прогары различной степени передней и задней кромок, а также спинки и обозначены по мере роста масштаба дефекта от «Д1» до «Д6»

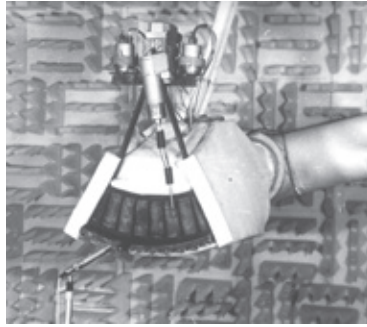


Рис. 1. Размещение микрофона при измерениях

На координатнике зондирования выходной струи устанавливался микрофон в положение соответствующее  $x/l=0,3$ , как показано на рис. 1. Расстояние  $x/l=0,3$  соответствует положению микрофона над третьей лопаткой слева. На модели блока камеры сгорания на месте сменной лопатки соплового аппарата устанавливалась эталонная (неповрежденная) лопатка с индексом «Э». Устанавливался режим исследования  $G=0,35$  по показаниям тахометра вентилятора. Измерялись уровни звукового давления системой измерения акустических параметров в диапазоне частот от 20 Гц до 20000 Гц. Микрофон перемещался с по-

мощью координатника вдоль венца лопаток модели на расстояние  $x/l=0,5$  и  $0,7$  и в обоих положениях микрофона измерялись уровни звукового давления. Далее устанавливались режимы продувки  $G=0,5; 0,7; 0,9$  и для каждого режима последовательно повторялись все предыдущие действия. Также замерялись и газодинамические параметры представленные на рис.2. Исследования показали, что зависимость амплитуды колебаний пропорциональна глубине выемки и носит нелинейный характер. Картина течения представляется так, что при обтекании волны входят внутрь выемки и отражаются от ее дна.

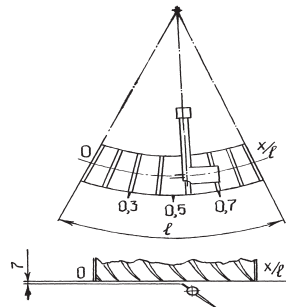


Рис. 2. Схема рабочего участка при замерах газодинамических параметров

В это же время в потоке газа за падающей волной вблизи острых кромок выемки формируются возмущения в виде волн сжатия, которые, суммируясь, образуют вторичную ударную волну. При слиянии вторичной и отраженной волн образуется новая ударная волна, скорость которой зависит от интенсивности вторичной волны, что объясняет зависимость амплитуды колебаний от глубины выемки. Чтобы составляющая шума, генерируемая выемкой, не была потеряна, измерения спектров необходимо осуществлять в ближнем поле.

Поскольку предполагаемый генерируемый шум носит высоко-частотный характер, для выявления этого шума должен быть выбран такой режим истечения газовой струи, спектр шума которой не содержал бы высокочастотных составляющих. Этим требованиям соответствуют холодные струи малых скоростей. Получить такую струю при работе двигателя можно только на режиме холодной прокрутки

В процессе исследования отмечается что, с увеличением расхода воздуха, протекающего через модель с эталонной лопаткой и с дефектной, уровни звукового давления аэродинамического шума возрастают во всем диапазоне исследуемых частот, тогда как огибающая частотного спектра изменяется незначительно. Характер роста уровней звукового давления в  $1/3$ -октавных полосах частот удовлетворительно согласуется с постулатом пропорциональности уровней звукового давления в  $1/3$ -октавных полосах частот четвертой степени скорости истечения струи теории Лайтхилла.

Анализ зависимостей позволяет сделать вывод, что в значительной части исследуемого диапазона для всех представленных дефектов и режимов продувки характер распределения разностей звуковых давлений дефекта и эталона практически не изменяется от положения микрофона, и только начиная с частоты 6300 Гц наблюдаются заметные увеличения разностей звуковых давлений



дефекта и эталона в зависимости от  $x/l$  и значительный рост виден в области наиболее информативных частот от 12500 до 20000 Гц. Отчетливо прослеживается существование максимума разности давлений по всем частотам при перемещении микрофона вдоль венца лопаток модели соответствующего  $x/l=0,5$ , т.е. месту положения дефектной лопатки.

При продувке модели, одновременно измерялись полное и статическое давления на срезе модели.

В процессе расшифровки данных было установлено, что по всей длине венца лопаток эталонной модели  $R_{ст}$  лишь незначительно увеличивается при увеличении расхода воздуха через модель. Тогда как за венцом лопаток дефектной модели интенсивность роста  $R_{ст}$  заметна и тем выше, чем больше масштаб дефекта лопатки. Наблюдается и изменение профиля давления. Так за дефектными лопатками имеет место падение  $R_{ст}$  в промежутке между дефектной лопаткой и следующей за ней. Причем интенсивность падения давления увеличивается с ростом расхода воздуха через модель. Это явление наблюдается вдоль венца лопаток при  $x/l=0,57$ , что соответствует окрестности местоположения дефектной лопатки.

Суть предлагаемого метода акустической диагностики для контроля технического состояния авиационных ГТД в условиях эксплуатации заключается в том, что на каждый двигатель имеется паспортная дискета, в которой записаны все контрольные характеристики ГТУ и допуски и на основании предлагаемых результатов исследований на первом

этапе проводится предварительный анализ технического состояния ГТУ. На этой стадии у контролируемого двигателя замеряются спектры звуковых давлений за кромкой сопла двигателя по всей его окружности. [2]. После сравнения с эталонными спектрами и вычисления относительного параметра шума вычисляется ориентировочная площадь дефекта и неравномерность параметра статического давления. Если неравномерность параметра выходит за пределы допустимой, осуществляется переход ко второму этапу диагностирования. На втором этапе производится измерения газодинамических характеристик газового потока и сравнение их с эталонными. Опыт эксплуатации двигателя показал, что даже при значительных отклонениях геометрических размеров профиля ремонтных лопаток от первоначальных, характеристики компрессора и его газодинамическая устойчивость остаются не всегда в допустимых пределах [3]. Пульсации скорости реагируют на образование нагара на стенках и незначительное коробление поверхности проточной части ГТУ. Пульсации скорости в газовом потоке обусловлены турбулентным характером течения, которое генерирует звук.

Метод требует дискретного или непрерывного измерения параметров по времени. Наибольший интерес представляет излучение шума неподвижными элементами конструкций самолета. Акустические характеристики потоков, обтекающие эти элементы хорошо анализируются уравнениями Фокс-Вильямса Хоукинса: взаимосвязанных между собой.

$$\delta'' = \frac{1}{4\pi\tilde{n}_0^2} \frac{\ddot{a}^2}{\ddot{a}\delta_i\ddot{a}\delta_j} \int_{v(t_0)} \left[ \frac{T_{ij}}{R \left| 1 - \left( \frac{R}{R} \right) \cdot M \right|} \right]_{\tau=\tau_c} d\zeta - \frac{1}{4\pi\tilde{n}_0^2} \frac{\ddot{a}}{\ddot{a}\delta_i} \int_{S(t_0)} \left[ \frac{f_i}{R \left| 1 - \left( \frac{R}{R} \right) \cdot M \right|} \right]_{\tau=\tau_c} dS(\zeta) - \frac{1}{4\pi\tilde{n}_0^2} \frac{\ddot{a}}{\ddot{a}\delta_i} \int_{v_c(t_0)} \left[ \frac{\delta_0 a_j}{R \left| 1 - \left( \frac{R}{R} \right) \cdot M \right|} \right]_{\tau=\tau_c} d\zeta + \frac{1}{4\pi\tilde{n}_0^2} \frac{\ddot{a}^2}{\ddot{a}\delta_i\ddot{a}\delta_j} \int_{v_c(t_0)} \left[ \frac{\delta_0 V_i V_j}{R \left| 1 - \left( \frac{R}{R} \right) \cdot M \right|} \right]_{\tau=\tau_c} d\zeta$$

Информативность такого метода оценки состояния существенно повышается при использовании одновременно нескольких параметров.

Созданы новые методы и в последствии средства автоматического определения технического состояния, ГТУ. Они реализованы в виде экспертной системы, позволяющей определять неисправности изделий с помощью базы данных и знаний, при которых вероятность обеспечения эффективности эксплуатации двигателя будет наибольшей.

#### Литература:

1. Контроль технического состояния авиационных ГТД по акустическим параметрам, измеренным на срезе сопла двигателя, Виноградов В. Ю., 2013. № 3. С. 53–57.
2. Виноградов, Ю. В., Виноградов В. Ю. Способ диагностики технического состояния авиационных газотурбинных двигателей: А.с. 96509661 от 7.05.96 г./ — 6 с.
3. Виноградов, В. Ю. Патент на изобретение № 2531057. «Способ измерения акустических характеристик газовых струй на срезе выходных устройств и устройство для его осуществления», 2014. — 8 с.

На основании результатов проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

Проведенные исследования позволяют сделать вывод о целесообразности широкого внедрения разработанного акустического метода для контроля технического состояния газотурбинных установок использующихся в насосных станциях газоперекачивающих аппаратов с целью повышения работоспособности и тем самым повышая экологическую безопасность производства.

4. Исследование технического состояния авиационных ГТД и энергетических установок в целях составления картограмм газодинамических параметров для диагностики. В. Ю. Виноградов, Контроль. Диагностика. 2011. № 12. С.45–50.

## Мониторинг отклонения напряжения и частоты для определения качества электрической энергии

Сельницын Александр Сергеевич, студент  
Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)

*В статье рассматриваются принципы использования, методы и приборы для анализа и контроля качества электрической энергии, в частности для мониторинга отклонения напряжения и отклонения частоты электрической энергии. Проводится анализ отдельных результатов измерений; и сравниваются статистические характеристики с установленными нормативными значениями, и осуществляется сравнение различных приборов для анализа параметров качества электрической энергии.*

**Ключевые слова:** параметры качества электрической энергии, отклонение напряжения, отклонение частоты

Понятие качества электрической энергии отличается от понятия качества других товаров. Качество электроэнергии проявляется через качество работы электроприёмников. При неудовлетворительном качестве электроэнергии наблюдается спад КПД электроприборов и соответственно ухудшается энергоэффективность. Термин «качество электрической энергии» подразумевает соответствие электрической энергии нормам производства, передачи, распределения электрической энергии.

Согласно [1] нормируется 11 показателей качества электроэнергии: импульсное напряжение, установившееся отклонение напряжения, размах изменения напряжения, коэффициент временного перенапряжения, коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, коэффициент  $n$ -й гармонической составляющей напряжения, коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности, коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности, глубина и длительность провала напряжения, отклонение частоты и доза фликера. Наиболее часто встречающимися нарушениями качества энергии являются отклонение частоты и отклонение напряжения.

Отклонение напряжения представляет собой разность между номинальным значением напряжения для данной сети и фактическим значением напряжения в выбранный интервал времени. Если напряжение длительное время выходит из номинального значения, то это приводит к сокращению рабочего ресурса электрических машин и источников электрической энергии. Понижение напряжения более пагубно влияет на потребителей из-за сильного роста токопотребления. При повышении токопотребления техника и электроника выходят из строя [2,3].

Отклонение частоты — это усредненная разность, между номинальным значением и её фактическим значе-

нием за 10 минут. Отклонение частоты от номинального значения в нормальном режиме работы согласно [1] допускается не более чем 0,1 Гц. Кратковременные отклонения могут достигать 0,2 Гц. Изменение частоты в малых пределах оказывает колоссальное влияние на работу электропотребителей, а так же на работу электроэнергетических сетей. Снижение частоты ниже номинального значения приводит к увеличению потерь мощности в электроэнергетических сетях и к снижению напряжения в электроэнергетических сетях. Понижение частоты тока приводит к увеличению потерь мощности и напряжения в электросетях и к недовыработке продукции. Изменение частоты существенно снижает качество работы приборов и аппаратов, применяемых в радиотехнике и микропроцессорной технике.

Увеличение установленной мощности электроприёмников с нелинейным и несимметричным характером нагрузки, появление новых электротехнических установок сделали искажённые режимы характерной и неотъемлемой чертой работы современной системы электроснабжения. При этом нарушение возможно как со стороны энергоснабжающей организации, так и по вине потребителей.

Для учёта параметров качества электроэнергии используются результаты измерений величины тока, углов фазовых сдвигов, напряжения в течение продолжительного времени, статистической обработки отдельных результатов измерений и сравнении полученных статистических характеристик с установленными нормативными значениями. Поэтому, для того, чтобы определить возможность использования того или иного прибора для контроля параметров качества электрической энергии, необходимо воспользоваться классификацией приборов по числу измеряемых электроэнергетических величин.

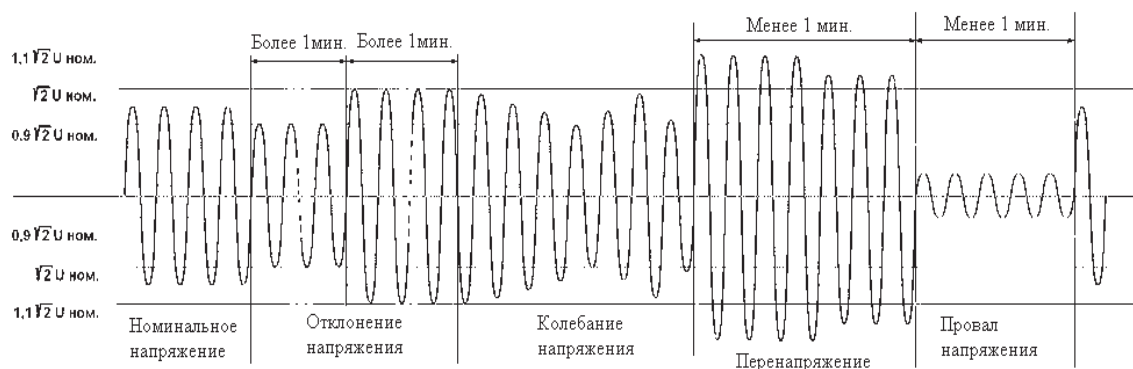


Рис. 1. Временные зависимости отклонения напряжения

Приборы классифицируются на измеряющие параметры одной электроэнергетической величины и измеряющие параметры двух и более основных электроэнергетических величин (напряжения, активной мощности, реактивной мощности, полной мощности, силы тока). При проведении краткосрочных и постоянных испытаний предъявляются разные требования к конструкции приборов. Классификация рассматриваемых приборов по конструктивному признаку предусматривает их деление на приборы переносные (мобильные) и приборы стационарные [4].

На базе лабораторного стенда ЭВ-4 была собрана экспериментальная установка, позволяющая оценивать точность измерения параметров тока, напряжения и углов фазовых сдвигов.

Данная экспериментальная установка работает по следующему принципу: напряжение подаётся источником энергии, далее оно поступает на испытуемый прибор, затем происходит измерение напряжения цифровым вольт-

метром, следом измеряется ток цифровым амперметром, после величина тока, напряжен, и угол сдвига фаз измеряется комплектом К-540. Также имеются регулировки активного сопротивления и индуктивного сопротивления нагрузки. За основной прибор, по которому устанавливалось напряжение, был взят измерительный комплект К-540, так как по паспортным данным он имел наилучшие характеристики точности.

На экспериментальной установке было произведено сравнение приборов Овен ИМС-Ф1, VOLT CRAFT ENERGY MONITOR 3000, Вольтметр В-7. При измерение напряжения средняя погрешность прибора Овен ИМС-Ф1 составила 3,9%, прибора VOLT CRAFT ENERGY MONITOR 3000,29%, прибора Вольтметр В-7,24%. При измерение силы тока средняя погрешность прибора Овен ИМС-Ф1 составила 11,89%, прибора VOLT CRAFT ENERGY MONITOR 3000 1,09%, прибора Вольтметр В-7 1,81%. При измерение  $\cos \phi$  средняя

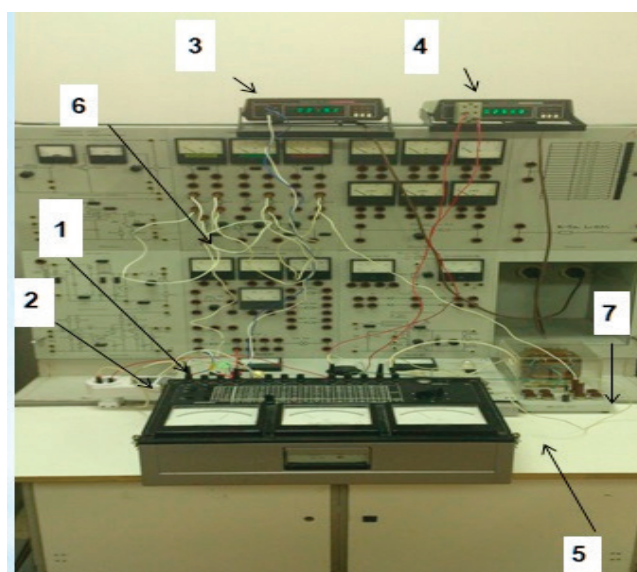


Рис. 2. Фотография экспериментальной установки для сравнения приборов мониторинга отклонения и частоты.  
 1 — источник энергии; 2 — испытуемый прибор; 3 — цифровой вольтметр; 4 — цифровой амперметр;  
 5 — комплект К-540; 6 — активное сопротивление нагрузки; 7 — индуктивное сопротивление нагрузки

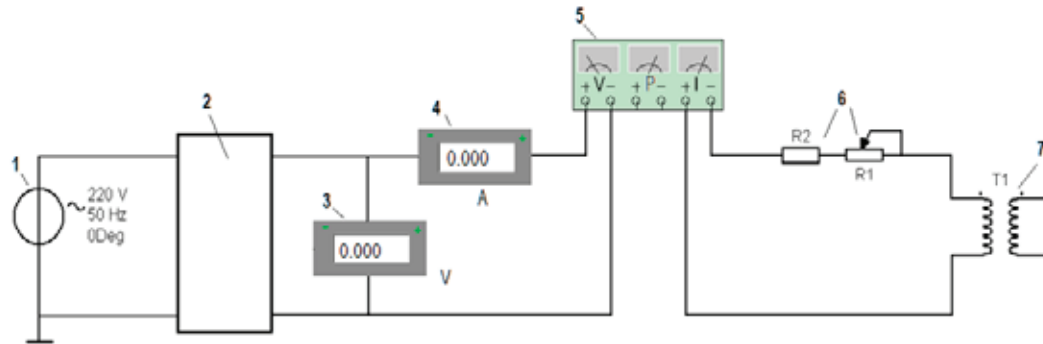


Рис. 3. Электрическая схема установки для сравнения приборов мониторинга отклонения и частоты. 1 — источник энергии; 2 — испытуемый прибор; 3 — цифровой вольтметр; 4 — цифровой амперметр; 5 — комплект К-540; 6 — активное сопротивление нагрузки; 7 — индуктивное сопротивление нагрузки

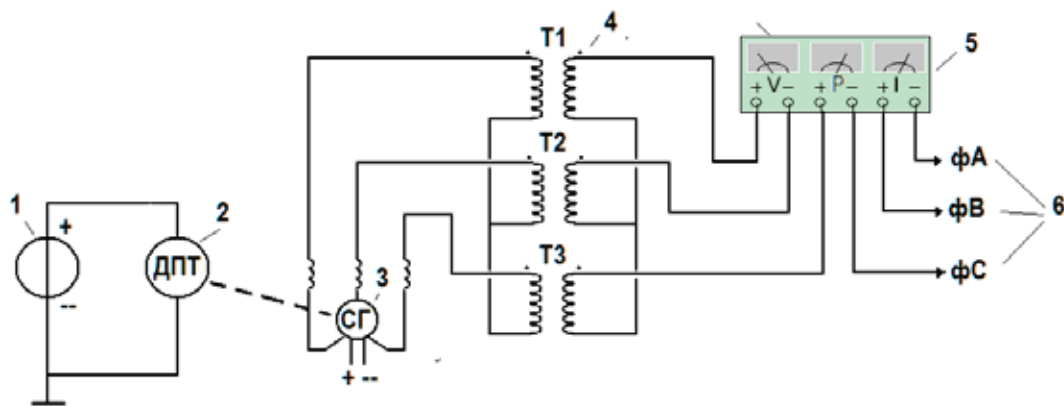


Рис. 4. Электрическая схема для моделирования параметров качества электрической энергии. 1 — источник постоянного напряжения; 2 — двигатель постоянного тока; 3 — синхронный генератор; 4 — трансформаторы; 5 — комплект К-540; 6 — выходные провода 3-х фазного источника

погрешность прибора Овен ИМС-Ф1 составила 1,4%, прибора VOLT CRAFT ENERGY MONITOR 3000 1,4%. Так же данный экспериментальный стенд позволяет оценить точность других приборов.

Для обеспечения изменения параметров качества электрической энергии в широких пределах на базе стенда была собрана и испытана электрическая установка, включающая последовательно соединенные двигатель постоянного тока, синхронный генератор и асинхронный двигатель.

Данная установка позволяет моделировать замкнутую энергетическую систему. А так же даёт возможность мо-

делировать влияние электроприёмников на качество электрической энергии.

В данной работе были сравнены приборы: К-540, ИМС-Ф1, VOLT CRAFT ENERGY MONITOR 3000, Вольтметр В-7 на основе тестовых испытаний при измерении электрических параметров и параметров качества электрической энергии. Все исследуемые приборы могут применяться для оценки качества электрической энергии, при проведении исследовательских работ и в учебном процессе. На базе стенда ЭВ-4 была собрана и испытана установка, позволяющая моделировать параметры качества электрической энергии в широких пределах.

Литература:

1. ГОСТ, Р. 54149—2010 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. — Введ. 21.12.2010; М.: Изд-во Стандартиформ, 2012, 20с.
2. Волгин, М. Е. Надежность и качество электрической энергии в системах электроснабжения: учебное пособие для студентов электротехнических специальностей. — Павлодар: ПГУ им. С. Торайгырова, 2008. — 81 с.
3. Вольдек, А.И. Электрические машины. М: Энергия, 1974. 840 с.

4. Гатуллин, А.М. Основные принципы построения системы контроля, анализа и управления качеством электроэнергии [Текст] / А.М. Гатуллин, М.Н. Бадретдинов, В.Л. Матухин, Д.Ф. Губаев // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2007. — № 11–12. — С.42–49.

## Особенности использования корпоративной информационной системы

Султанова Бахыт Каиркеновна, профессор педагогических наук, доцент;  
Макина Гульнур Усеновна, магистрант;  
Нурпейсова Айзада Урысбаевна, магистрант  
Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

*В статье рассмотрено преимущество внедрения и использования корпоративных информационных систем, основной задачей которой является обеспечение бесперебойной и системной работы внутриорганизационных подразделений, также и организация контроля поступающими на компанию ресурсами для достижения нужного результата. В ходе обзора взята во внимание клиент-серверный вариант работы, основанный на трехуровневой архитектуре с использованием сервера «1С: Предприятие 8» и Microsoft SQL Server для больших рабочих групп и в масштабах предприятия.*

**Ключевые слова:** информация, корпоративная информационная система (КИС), эффективность, бизнес-процессы.

Уровень обеспеченности информацией любого общества определяется уровнем развития информационной службы, количеством и квалификацией работающих в ней специалистов. Информатизация это — организационный, социально-экономический и научно-технический процесс направленный на создание и развитие информационных ресурсов, информационных систем с целью удовлетворения информационных нужд людей и общества. В этом случае важность информации растет, она приобретает славу являясь стратегическим ресурсом бизнеса. В этой связи эффективность управления учреждением, организацией компаний во многом определяется качеством информационной базы и внимательностью ее аналитических обработок (рисунок 1).

В современных условиях эффективное управление является ценным ресурсом организаций, наряду с финансовыми, материальными и другими ресурсами. Самым эффективным способом повышения работоспособности компаний является автоматизация ее работы.

В настоящее время интенсивно предлагается внедрять корпоративные информационные системы (КИС). На страницах журналов, в сетях Интернет можно увидеть большое количество материалов возносящих те или иные вещи. При этом разброс очень большой как по ценам, срокам выполнения работ, так и по оказываемым услугам.

Самое трудное — построить единую систему, которая будет отвечать запросам сотрудников всех подразделений. Каждый из подразделений может иметь собственное программное обеспечение, оптимизированную под свои особенности работы. Информационная система может скомбинировать их всех в рамках одной интегрированной программы, которая работает с единой базой данных, так, что все департаменты могут легче обмениваться инфор-

мацией и общаться друг с другом. Такой интегрированный подход обещает обернуться очень большой отдачей, если компании смогут корректно установить систему [1,2].

Так или иначе любая компания когда либо сталкивается с проблемой систематизации данных и автоматизаций процессов используемых при обработке этих данных. Если на начальном этапе создания компаний сотрудники могут обходиться применением лишь простых офисных программ и приложений, но со временем с ростом объемов информации, компания будет вынуждена создать корпоративную информационную систему.

Корпоративная информационная система это — интегрированная управленческая идеология, процесс работы предприятия и современные информационные технологии. Корпоративность одним словом означает соответствие системы нуждам компаний, имеющим сложную структуру управления. Ее основная задача состоит в обеспечении бесперебойной и системной работы внутриорганизационных подразделений, также и в организациях контроля поступающими на компанию ресурсами для достижения нужного результата (рисунок 2).

Говоря об этой системе мы можем задаться вопросом, что это даст? То есть какие преимущества внедрения корпоративных информационных систем? Преимуществом внедрения корпоративных информационных систем можно назвать следующее:

- получение достоверной и оперативной информации о деятельности всех подразделений компании;
- повышение эффективности управления компанией;
- сокращение затрат рабочего времени на выполнение рабочих операций;
- повышение общей результативности работы за счет более рациональной ее организации.





Рис. 1. Требования информационной базы

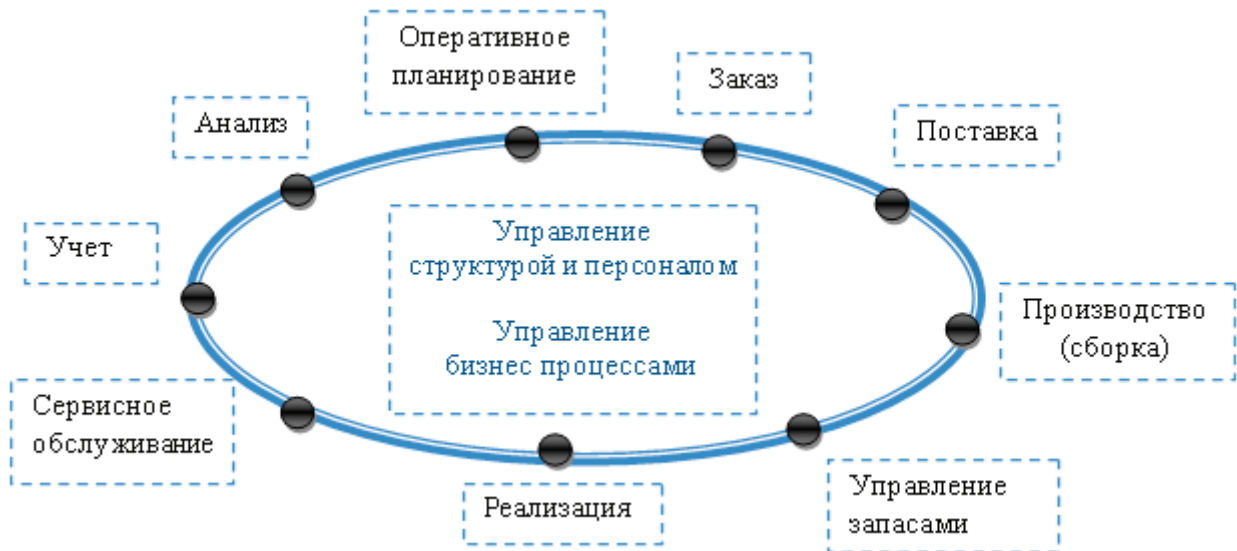


Рис. 2. Схема интегрированной деятельности служб компаний

Повышение внутренней управляемости, гибкости и устойчивости к внешним воздействиям увеличивает эффективность компании, её конкурентоспособность, а, в конечном счёте — прибыльность. Вследствие внедрения КИС увеличиваются объёмы продаж, снижается себестоимость, уменьшаются складские запасы, сокращаются сроки выполнения заказов, улучшается взаимодействие с поставщиками. Но, несмотря на привлекательность приведённых утверждений, вопрос об окупаемости

инвестиций в КИС не теряет свою актуальность. Соотношение выгоды от использования системы и её стоимости является одним из наиболее важных факторов, оказывающих влияние на решение «покупать или не покупать». Любой инвестиционный проект, а внедрение КИС, несомненно, нужно рассматривать как инвестиционный проект, представляет собой своего рода «покупку» и, соответственно, требует оценки его стоимости и ожидаемой выгоды.

Прямую окупаемость КИС посчитать непросто, поскольку в результате внедрения оптимизируется внутренняя структура компании, снижаются трудноизмеримые транзакционные издержки. Сложно определить, например, в какой степени увеличение доходов компании явилось следствием работы КИС, а в какой — результатом настройки бизнес-процессов, то есть плодом управленческих технологий. Однако в некоторых аспектах деятельности компании оценка вполне реальна. В первую очередь это касается логистики, где внедрение КИС приводит к оптимизации материальных потоков и к снижению потребности в оборотных средствах [3].

Одним из таких вариантов является внедрение корпоративной информационной системы на базе «1С: Предприятие 8». Опыт создания прикладных решений на платформе «1С: Предприятие 8» показывает, что система позволяет решать задачи различной степени сложности — от автоматизации одного рабочего места до создания информационных систем масштаба предприятия.

Прикладное решение для крупной информационной системы предъявляет повышенные требования по сравнению с небольшим или средним внедрением. Система масштаба предприятия должна обеспечивать приемлемую производительность в условиях одновременной и интенсивной работы большого количества пользователей, которые используют одни и те же информационные и аппаратные ресурсы в конкурентном режиме. При этом и аппаратная, и программная части работают под большой нагрузкой.

Должен выполняться ряд требований к внедряемой КИС, в частности масштабируемость, как способность системы к предполагаемому расширению возможностей и возрастанию объемов решаемых задач. Для «1С: Предприятие 8» данное свойство легко реализуется, так как имеются эффективные возможности масштабирования. Одним из основных показателей масштабируемости системы является возможность эффективной работы при увеличении количества решаемых задач, объема обрабатываемых данных и количества интенсивно работающих пользователей.

«1С: Предприятие 8» может быть реализовано как в файловом варианте, так и с использованием технологии «клиент-сервер»: распределенная информационная база; клиент — серверная версия; сетевая версия. При работе в файловом варианте она может работать с локальной информационной базой, расположенной на том же компьютере, на котором работает пользователь. Такой вариант работы применим при работе в небольшой организации. Файловый вариант также обеспечивает возможность работы по локальной сети нескольких пользователей с одной информационной базой.

#### Литература:

1. М. Хохлова, статья «Современный рынок систем управления предприятием».
2. Ю. Токарев, статья «Корпоративные информационные системы и консорциум разработчиков».

Для больших рабочих групп и в масштабах предприятия применим клиент-серверный вариант работы, основанный на трехуровневой архитектуре с использованием сервера «1С: Предприятие 8» и Microsoft SQL Server. Он обеспечивает надежное хранение данных и их эффективную обработку при одновременной работе большого количества пользователей.

Крупные организации и предприятия ориентированы на использование распределенной информационной базы, сочетающей применение различных вариантов работы: файлового или клиент-серверного. Механизм распределенной информационной базы будет обеспечивать идентичность конфигураций, используемых в каждом из подразделений холдинга, и осуществлять обмен данными между отдельными информационными базами, входящими в состав распределенной системы.

Важно отметить, что одни и те же прикладные решения могут использоваться как в файловом, так и в клиент-серверном варианте работы. При переходе от файлового варианта к технологии «клиент-сервер» не требуется вносить изменения в прикладное решение. Поэтому выбор варианта работы целиком зависит от потребностей заказчика и его финансовых возможностей. На начальной стадии можно работать в файловом варианте, а затем с увеличением количества пользователей и объема базы данных, можно легко перейти на клиент-серверный вариант работы со своей информационной базой.

В варианте клиент-сервер обеспечивается возможность параллельной работы большого количества пользователей. Как показывают тесты, с ростом числа пользователей скорость ввода документов уменьшается очень медленно. Это означает, что при увеличении количества интенсивно работающих пользователей скорость реакции автоматизированной системы остается на приемлемом уровне.

В модели данных, поддерживаемой системой «1С: Предприятие 8», не существует таблиц базы данных, однозначно приводящих к конкурентному доступу со стороны нескольких пользователей. Конкурентный доступ возникает только при обращении к логически связанным данным и не затрагивает данные, не связанные между собой с точки зрения предметной области.

Таким образом, выбор конкретного варианта проекта КИС является трудоемким процессом, требующим значительное количество ресурсов, тщательного анализа как текущих запросов и финансовых возможностей организации, так и перспективных планов развития. Эффективность внедрения КИС возможна при комплексном подходе к решению проектных задач, максимальной заинтересованности персонала организации в успехе всего проекта [4,5].

3. Прокофьева, М. А. Корпоративные информационные системы. Курс лекций Издательство КМВИС ФГБОУ ВПО «ЮРГУЭС», Ставропольский край, г. Пятигорска.
4. Калянов, Г. Н. CASE-технологии: консалтинг в автоматизации бизнес-процессов. — 3-е изд./ Г. Н. Калянов. — М.: Горячая линия – Телеком, 2002. — 320 с.
5. Методы и модели информационного менеджмента: учеб. Пособие / Д. В. Александров, А. В. Костров, Р. И. Макаров, Е. Р. Хорошева; под ред. А. В. Кострова. — М.: Финансы и статистика, 2007. — 336 с.

## Информационные процессы в системах управления бизнес-процессами предприятия

Султанова Бахыт Каиркеновна, кандидат педагогических наук, доцент;  
Нурпейсова Айзада Урысбаевна, магистрант;  
Макина Гульнур Усеновна, магистрант  
Карагандинский государственный технический университет (Казахстан)

*В статье представлен анализ основных функций систем управления бизнес-процессами предприятия, использование информационных ресурсов, удовлетворяющие требованиям систем управления бизнес-процессами.*

**Ключевые слова:** информационные процессы, информационный ресурс, системы управления бизнес-процессами.

Для успешной реализации бизнес-процессов любого предприятия они должны быть понятными и доступными для каждого сотрудника предприятия.

Бизнес-процесс — это последовательность отдельных операций, в процессе выполнения которых можно получить значимый результат: продукты, услуги товары, комплекты и т.п. Бизнес-процесс может быть направлен на повышение квалификации персонала, реализацию проекта и т.д. Как правило, у бизнес-процесса есть владелец, исполнитель, результат и входы. При выполнении бизнес-процесса входящие данные преобразуются в результат.

Успешная деятельность менеджера определяется его возможностью своевременно и обоснованно принимать те решения, которые гарантируют выпуск востребованных продуктов или услуг, и одновременно с этим обеспечивают рост прибыли. Для выполнения этих задач менеджеру необходимо иметь доступ к информации, знать методы ее обработки, эффективно распределять информацию, добиваясь осуществления принятых решений.

Информационный менеджмент реализует свои функции в информационном пространстве предприятия, которая характеризует совокупность методов и средств, позволяющих наиболее эффективно организовать процессы получения, преобразования, хранения и распределения информации с целью реализации оптимальных режимов управления предприятия. Информационный менеджмент направлен на формирование и развитие информационного ресурса предприятия, его использование как инструмента ведения бизнеса.

Информационный ресурс организации — это совокупность методов и средств применяемых организацией для поиска, обработки и распределения информации.

Активное применение информационного ресурса организации направлено на учет внешних и внутренних факторов деятельности предприятия, которые образуют внутреннюю и внешнюю бизнес-среду, отражающие содержание внутренних и внешних критических факторов деятельности организации. [3]

Внешняя бизнес-среда — это совокупность экономических, социальных, политических и других объектов, действующих за пределами предприятия, и отношения, складывающиеся между ними и предприятием (фирмой, концерном и другие).

Внутренняя бизнес-среда — это хозяйственные отношения в коллективе, определяемые информационными потоками и знаниями, формируемыми в процессе их функционирования. Внутренними показателями этой части бизнес-среды предприятия могут стать: финансы фирмы, организация производственных процессов, качество выпускаемой продукции, принятая производственная стратегия организации.

Информационный ресурс предприятия позволяет показать реальное состояние бизнеса, выработать адекватную реакцию на изменения в бизнесе, а также обеспечить поиск наиболее эффективного взаимодействия всех ресурсов предприятия: интеллектуального, финансового, материального. Для этого нужно организовать деятельность по:

- 1) поддержке мониторинга производственного и административно-хозяйственного процессов;
- 2) обеспечению оперативного доступа к архивам документов управления и технологий;
- 3) получению информации о загрузке рабочих мест, движении материалов, расходе рабочего времени и т.п.;

- 4) поддержке системы учета и классификации затрат;
- 5) поиску и установке партнерских связей и сотрудничества;
- 6) анализу данных о состоянии бизнеса и разработке проектов развития предприятия;
- 7) модернизации информационной системы предприятия и т.п.

Организация бизнес-процессов оказывает существенное влияние на реализацию административно-хозяйственных процессов и на формирование информационных ресурсов организации. Информационные процессы образуются в процессе реализации хозяйственных решений по заданному бизнес-процессу. В свою очередь хозяйственные решения возникают при обработке заказов, организации выпуска материалов, выполнению мероприятий сервисного обслуживания клиентов, подготовке финансовых отчетов и т.п.

Активная деятельность предприятия в сфере глобальных информационных систем, применение современных информационных технологий позволяют изменить информационный ресурс организации, при этом предполагая постоянное развитие информационной системы управления организацией. Начиная с контроля за физическими операциями при помощи информационных систем, можно перейти к замене физической информационной деятельности на виртуальную и далее к формированию новых производственных связей за счет обработки информации. [2]

Для построения информационных систем управления предприятием необходимо:

1. сформулировать основные цели, достигаемые предприятием в процессе использования информационных технологий;
2. оценить состояние структуры действующей информационной системы управления предприятием и ее документооборота;
3. выбрать направления применения информационного ресурса как внутри предприятия (на уровне корпорации), так и вне предприятия (на виртуальном уровне);
4. определить необходимую модель управления предприятием;
5. установить содержание необходимого программного и технического обеспечения для достижения поставленных целей;
6. разработать систему обучения персонала;
7. сформировать соответствующую производственную службу;
8. разработать структуру взаимосвязи, управления и защиты аппаратно-сетевых средств;
9. оценить ожидаемый уровень затрат и достигаемые результаты.

Информационные системы управления предприятием можно классифицировать, используя различные критерии: организация управления, метод управления, применение соответствующих информационных технологий и другие. Можно рассмотреть классификацию информационных систем управления предприятием в зависимости от уровня реализации информационного пространства

организации: учетные, аналитические, интегрированные и динамические системы. [1]

Учетные информационные системы организуют выдачу документов о состоянии отдельных хозяйственных процессов деятельности организации. Эти системы ориентированы на формирование информационных процессов первого уровня. Сложность обработки информации в бумажной технологии (различные форматы, различные словари) приводит к тому, что итоговая информация создается, как правило, к тому времени, когда она уже не нужна. Эти системы позволяют получать информацию о текущем состоянии производственного процесса, учете персонала и ведении системы учета и отчетности, что ценно для решения многих проблем малых и средних предприятий.

Аналитические информационные системы используют различные методы информационного анализа, позволяют показать тенденции развития бизнес-процессов организации, организовать электронный документооборот. Они позволяют сформировать информационные процессы второго уровня.

Интегрированные информационные системы предоставляют доступ сотрудникам к необходимой информации в режиме реального времени, что позволяет контролировать выполнение процесса на любой стадии, обеспечивая управление процессами. Они также предоставляют механизмы контроля и координации различных составных частей бизнес-процессов. Эти системы формируют информационные процессы третьего уровня.

Использование информационных систем управления предприятием интегрированного типа позволяет интенсифицировать следующие вопросы:

- информационная поддержка на всех стадиях работ по составлению отчетности, ускорение процесса подготовки отчетности;
- уточнение данных с помощью обеспечения прямого доступа к оперативной информации;
- анализ состояния функциональных процессов организации и заблаговременное предупреждение негативных процессов с использованием возможности оперативного перехода к деталям бизнеса;
- интегрированный целостный взгляд на корпоративную информацию, т.е. предоставление новейшей информации по всем важнейшим показателям — критическим факторам успешной деятельности предприятия;
- оперативное реагирование на организационные изменения или на быстрое предоставление новой информации без привлечения дополнительных информационных каналов;
- разработку прогностических ожиданий в бизнесе, что позволяет реализовать современные методы управления бизнесом, осуществить контроль процесса управления и найти пути развития бизнеса. [3]

Динамические ИС нацелены на поиск новых методов взаимодействия участников бизнеса с целью получения максимальной прибыли. Они позволяют синхронизировать процессы управления фирмой с действиями заинте-

ресованных участников бизнеса: поставщиков, клиентов, партнеров и т.д. Динамические системы формируют условия для реализации ИП четвертого уровня. Динамические ИСУП ориентированы на поиск наиболее эффективной взаимосвязи, синхронизацию информационных процессов непосредственно в производстве, между различными организациями-партнерами, клиентами, инвесторами. Они соединяют в себе достоинства интегрированных ИСУП и технологии Интернета, реализуя возможности электронного бизнеса.

Управление бизнес-процессами определяется как совокупность действий, направленных на оптимизацию деятельности предприятия, ее развитие в соответствии с целью ее функционирования и на основе объективной информации.

Контур оперативного управления содержит систему учета и контроля деятельности предприятия, что позволяет также анализировать ход производственного процесса и вносить изменения (регулировать) условия деятельности объекта. [1]

Литература:

1. Елиферов, В. Г. Бизнес-процессы: Регламентация и управление: Учебник / В. Г. Елиферов. — М.: НИЦ ИНФРА-М, 2013.
2. Федоров, И. Сравнительный анализ нотаций моделирования бизнес-процессов / И. Федоров // Открытие системы. — 2011. — № 8. — С.28.
3. Ширяев, В. И. Управление бизнес-процессами: учеб. — метод. пособие / В. И. Ширяев. — М.: ФиС, ИНФРА-М, 2009

## К вопросу организации экономии топлива в СЭУ, основанной на термодинамических принципах сохранения энергии

Тормашев Дмитрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент  
Государственный морской университет имени адмирала Ф. Ф. Ушакова (г. Новороссийск)

Экономия топлива и энергии на судах морского и речного флота во многом определяется совершенством конструкций главных двигателей судовых энергетических установок (СЭУ), их возможностями в организации высокоэкономичных рабочих процессов, а также высокими к.п.д. не только самих двигателей, но и всей СЭУ в целом. Наиболее экономичным тепловым двигателем, широко используемым на судах морского и речного флота, еще долгое время будет оставаться дизельный двигатель [1]. Технологии создания надежных судовых дизелей с высоким наддувом, обладающих высокой экономичностью, большим ресурсом работы, пригодных для эксплуатации в широком диапазоне нагрузочных и скоростных режимов с хорошо организованными переходными процессами, позволили довести до высокой степени совершенства качественные показатели использования топлива в судовых дизелях. Основными путями повышения

На сегодняшний день использование процессного подхода к организации работы предприятия является стандартом качества.

В качестве метода, позволяющего регулировать процесс управления организацией, используются разные подходы (методы управления), среди которых можно выделить следующие:

- 1) управление на базе учетных показателей;
- 2) планирование материальных потребностей (MRP);
- 3) планирование ресурсов производства (MRPII);
- 4) компьютеризованное интегрированное производство (СІМ);
- 5) поддержка непрерывного жизненного цикла продукции (СALS-технология);
- 6) планирование ресурсов предприятия (ERP).

Таким образом, выбор и оптимизация метода управления производством базируется на положениях системы качества и принципах планирования и управления ресурсами предприятия.

эффективности рабочих процессов судовых дизелей являются:

— способы организации высоко экономичных рабочих процессов в условиях введения допустимых ограничений роста максимального давления сгорания рз;

— рациональные схемы и способы обеспечения высокого наддува судовых дизелей с учетом границ эффективного использования одно- и двухступенчатых схем наддува, схем с использованием дополнительного нагрева, перепуска газов и др.; воздухообеспечение, обеспечивающее работу ДВС при приемлемой теплонапряженности и высокой экономичности на всех заданных режимах;

— способы обеспечения приемлемой теплонапряженности и работоспособности судовых ДВС и их элементов с учетом влияния увеличения среднего эффективного давления ре на уровень тепловой и механической напряжен-



ности основных элементов дизеля, их надежность и моторесурс.

Оптимизация и повышение топливной экономичности судовых ДВС осуществляется по трем основным направлениям: оптимальной организации рабочего процесса в зоне основных эксплуатационных режимов, в направлении ограничения цикловых подач топлива по давлению наддува во время переходных режимов, а также в направлении согласования характеристик нагрузки дизеля с характеристиками в переходных режимах.

Наиболее простой способ оценки эффективности рабочего процесса ДВС, а, следовательно, и судового энергетического комплекса является оценка по экономичности при заданных ограничениях температуры газа за цилиндрами и максимального давления сгорания. Совершенство рабочего процесса достигается, прежде всего, улучшением использования воздушного заряда цилиндра при сгорании топлива. Для качественного сгорания требуется интенсивное смешивание воздуха с топливом путем создания полей с искусственными завихрениями и вытеснения воздуха, находящегося под поршнем, непосредственно в камеру сгорания, с целью организации направленного движения воздушного заряда [2]. Неравномерность распределения топливо-воздушной смеси по радиусу камеры сгорания связана с механизмом впрыска и распада струи топлива. Струйный характер подачи топлива в районе в.м.т. на цикле сжатия приводит к неравномерности распределения топлива в сечениях, перпендикулярных к оси факела. В результате создается неравномерное распределение топлива также вдоль оси топливного факела из-за гидродинамических особенностей перемещения мелких капель в газовой среде. Факел по мере развития приобретает форму «гриба», в головной части которого сосредоточивается основная масса топлива. В связи с этим, важным направлением повышения экономичности за счет совершенствования рабочего процесса можно считать организацию согласованного распределения воздуха и топлива по радиусу камеры сгорания путем вихревых движений воздушного заряда. С точки зрения увеличения возможной поверхности факела целесообразным направлением совершенствования рабочего процесса может быть увеличение объема, отводимого в камере сгорания под горящий топливный факел таким образом, чтобы поверхность факела не имела соприкосновения с более холодными поверхностями объема камеры сгорания.

Процесс преобразования химической энергии топлива в механическую работу, происходящий в цилиндре дизеля, осуществляется путем сжигания топлива в среде окислителя, т.е. в воздухе. При этом количество топлива, энергию которого можно эффективно использовать при сгорании, существенно зависит от воздухообеспечения цилиндра. Во время рабочего процесса (сжатия, подвода тепловой энергии и расширения) часть химической энергии поданного в цилиндр топлива, эквивалентная разности механических работ ходов расширения и сжатия, пе-

редается с коленчатого вала двигателя потребителю. Остальная часть теплоты топлива расходуется на изменение внутренней энергии рабочего тела при преобразовании его из свежего заряда в отработавший в цилиндре газ. Одновременно часть теплоты топлива также отводится в систему охлаждения и систему смазки дизеля. Зависимость, устанавливающую связь между начальными и конечными параметрами рабочего тела в функции от количества введенной в цикл и преобразованной в механическую работу теплоты, можно получить с помощью индикаторной диаграммы.

Ценность конкретной формы энергии рабочего тела определяется ее уровнем по отношению к окружающей среде [3]. Этот уровень, как и термины «экономия топлива», «экономия энергии», могут быть определены и количественно оценены с помощью общего критерия, характеризующего полезность любого вида энергии. Этот критерий получается с помощью термодинамических законов. Двумя концептуальными инновациями термодинамики, согласно И. Пригожину, являются формулировка «первого начала», выражающего сохранение энергии, и «второго начала», вводящего энтропию [4]. Первое начало термодинамики гласит:

Когда система претерпевает превращение, алгебраическая сумма различных изменений энергии — теплообмена, совершаемой работы и т.д. — не зависит от способа превращения. Она зависит только от начального и конечного состояний.

Согласно первому началу термодинамики, сумма полного количества теплоты и совершенной работы остается одной и той же независимо от пути. Так как полное изменение энергии не зависит от пути, бесконечно малое изменение энергии  $dU$ , связанное с бесконечно малым преобразованием, является функцией только начального и конечного состояний. Утверждение о том, что изменение энергии  $U$  зависит только от начального и конечного состояний, допускает альтернативную формулировку: для циклического процесса, т.е. для процесса, в котором система возвращается в начальное состояние, интеграл от изменения энергии равен нулю:

$$\oint dU = 0. \quad (1)$$

В закрытой системе, обменивающейся с внешней средой энергией и не обменивающейся веществом, энергия может быть представлена двумя составляющими: количеством теплоты  $dQ$  и количеством механической энергии  $dW$ . В отличие от полной внутренней энергии  $dU$ , составляющие  $dQ$  и  $dW$  не являются независимыми от способа преобразования. Поэтому нельзя однозначно задать  $dQ$  и  $dW$  с помощью начального и конечного состояний. Поскольку невозможно определить зависимость функций  $Q$  и  $W$  от начального и конечного состояний, можно утверждать только то, что эти величины являются лишь частями энергии  $U$ . Вместе с тем, количество теплоты, которым система обменивалась с внешней

средой, можно определить достаточно простым способом. Если скорость процесса обмена теплом известна, то величина  $dQ$  есть количество теплоты, которым система обменивалась с окружающей средой за интервал времени  $dt$ . Тепловой поток обусловлен процессами, происходящими за конечное время. Если величина теплового потока известна, количество теплоты  $dQ$ , которым система обменивалась с окружающей средой за время  $dt$ , вполне определено. Аналогично обстоит дело и с определением  $dW$ .

Полное изменение энергии  $dU$  закрытой системы за время  $dt$  можно записать:

$$dU = dQ + dW, \quad (2)$$

где  $dQ$  и  $dW$  можно выразить через кинетику теплопередачи и через силы, совершающие работу. Например, для участка электрической цепи, содержащей активное сопротивление  $R$ , теплота, выделяющаяся при нагревании сопротивления под действием тока  $I$  за время  $dt$ , определяется по формуле  $dQ = RI^2 dt = V_0 I dt$ , где  $V_0$  — падение напряжения на резисторе.

Величина  $dW = FV dt$ , где  $F$  — приложенная сила к системе,  $V$  — скорость.

Для открытых систем, обменивающихся с внешней средой энергией и веществом, существует дополнительный вклад, определяемый потоком вещества  $dU_{\text{вещ}}$ . Поэтому изменение энергии

$$dU = dQ + dW + dU_{\text{вещ}}. \quad (3)$$

Поток вещества, входящий в систему и выходящий из нее, может быть связан с механической работой. Вычисление изменений энергии открытой системы не вызывает принципиальных затруднений. Так как  $U$  функция является функцией только начального и конечного состояний и не зависит от пути процесса, то полное изменение энергии можно получить с помощью интеграла

$$\int_A^B dU = U_B - U_A. \quad (4)$$

Примерами обмена энергией в формах, отличных от теплоты, могут служить механическая работа, связанная с изменением объема, перенос заряда под действием разности потенциалов и др., причем каждое слагаемое  $dW$  должно представлять собой произведение интенсивной переменной и дифференциала экстенсивной переменной [4].

Открытое Карно ограничение на превращение теплоты в работу — одно из проявлений фундаментального ограничения на все процессы, которые протекают в природе, т.е. одно из проявлений второго начала термодинамики. Второе начало можно сформулировать несколькими эквивалентными способами. Представленная в макроскопических операционных терминах приемлема следующая формулировка:

Невозможно построить двигатель, который работал бы по полному циклу и превращал всю теплоту, поглощаемую из «резервуара», в механическую работу. Теплота не может самопроизвольно переходить от более холодного тела к более нагретому.

Любая реальная система, которая претерпевает цикл операций и возвращается в свое начальное состояние, функционирует, только увеличивая энтропию внешней среды, с которой данная система находится в контакте. Ни на какой ступени цикла сумма изменений энтропии и внешней среды не может быть отрицательной. Иначе говоря, сумма изменений энтропии системы и внешней среды не может убывать.

Полезность понятия энтропии и второго начала термодинамики зависит от способности определить энтропию физической системы так, чтобы ее можно было вычислить. Применяя второе начало термодинамики, можно оценить полезность любого вида энергии. Концептуально можно определить эффективность расходования этой энергии и найти способы повышения ее эффективности. С этой целью целесообразно остановиться на понятии располагаемой работы (эксэргии).

Энергия используется в двух видах: в виде тепла и работы. Работа является высшей формой энергии, поскольку ее можно полностью превратить в тепло, тогда как обратное невозможно. Только часть тепловой энергии, содержащейся в рабочем теле, можно превратить в работу в циклическом тепловом двигателе (замкнутом круговом процессе). Объем работы как составной части энергии зависит от начального и конечного состояния рабочего тела и от к.п.д. процесса. Максимальное преобразование энергии в работу, совершаемую тепловым двигателем, достигается в обратимом процессе. Если ввести обозначения  $Q_R$  количества тепла, отводимого в обратимом процессе, максимальной работы  $W_A$  и энтальпии  $\Delta H$ , то справедливо соотношение

$$W_A = Q_R - \Delta H, \quad (5)$$

записанное с учетом того, что энтальпия рабочего тела уменьшается. Поэтому величина —  $\Delta H$  положительная. Принято считать, что совершаемая работа положительна, а выделяемое тепло, согласно (5), отрицательно.

Минимальное количество энергии, отводимой в виде тепла, связано с изменением энтропии рабочего тела следующим соотношением:

$$dQ_R = T dS_R. \quad (6)$$

Заметим, что соотношение (6) записано в дифференциальной форме, поскольку абсолютная температура  $T$  рабочего тела непрерывно изменяется. Энтропия системы, состоящей из рабочего тела и окружающей его среды, в полностью обратимом процессе есть величина постоянная. Суммарное ее изменение равно нулю, т.е.

$$\Delta S_R + \Delta S_0 = 0, \quad (7)$$

где  $\Delta S_0 = Q_0 / T_0 = - Q_R / T_0$ , поскольку постоянной величиной является температура окружающей среды  $T_0$ . С учетом приведенных соотношений (5) ÷ (7), нетрудно получить зависимость располагаемой работы от энтропии рабочего тела:

$$W_A = T_0 \Delta S_R - \Delta H. \quad (8)$$

Полезно остановиться на оценке зависимости располагаемой работы от температуры рабочего тела. Для примера можно в качестве рабочего тела принять идеальный

газ, который производит максимальную работу. Состояние идеального газа в адиабатическом процессе, изменяется без какого — либо обмена теплотой. Если газ с температурой  $T_1$ , приходя в равновесие с окружающей средой при температуре  $T_0$ , полностью отдает свою энтальпию, то ее величина определяется с помощью уравнения

$$\Delta H = C_p(T_0 - T_1), \quad (9)$$

где  $C_p$  — теплоемкость газа при постоянном атмосферном давлении. В процессе охлаждения идеального газа до температуры окружающей среды производится энтропия, которая определяется по формуле

$$\Delta S_R = S \frac{dQ_R}{T} \quad (10)$$

и получается путем интегрирования (6). Если учесть, что  $dQ_R = C_p dT$ , энтропия, потерянная идеальным газом, будет равна

$$\Delta S_R = \int_{T_1}^{T_0} C_p \frac{dT}{T} = C_p \ln \frac{T_0}{T_1}. \quad (11)$$

Полезно остановиться на определении максимального теоретического преобразование тепла в работу для идеального газа в относительных единицах в виде соотношения  $Z = W_A / (-\Delta H)$ . Тогда, используя уравнения (8), (9) и (11), мы можем получить:

$$Z = 1 + [T_0 / (T_1 + T_0)] \ln \frac{T_0}{T_1}. \quad (12)$$

Уравнение (12) характеризует максимальную работу, которую теоретически возможно получить применительно к тепловому двигателю с обратимым рабочим процессом. Все реальные процессы производят меньшую работу. Для продуктов сгорания, используемых в тепловых двигателях, располагаемая работа может быть оценена с помощью таблиц термодинамических и теплофизических свойств. Однако сама оценка еще не означает, что располагаемая работа будет использована эффективно. Для эффективного использования топливно-энергетических ресурсов на судах и их экономии требуется реализация организации, принципов и методов энергоэффективных технологий, созданных на основе научно обоснованной системы приоритетов в области судовой энергетики и системно-технологических моделей судовых энергетических установок и их элементов. Основные положения эффективного использования топлива на судах, базирующиеся на фундаментальных теоретических положениях современной термодинамики, позволяют использовать вариационные принципы получения наиболее приемлемых решений при разработке и практическом применении оптимальных схем, методов и моделей ресурсосберегающих технологий в условиях когерентности с внешней средой. Максимальная эффективность энергопотребления СЭУ может быть достигнута лишь в случае, когда энергия распределена таким образом, что это отвечает ее использованию в соответствии с потребностями рабочего процесса в конкретных эксплуатационных условиях.

Энтропия рассматривается как мера неупорядоченности термодинамических процессов. Топливные ресурсы затрачиваются на создание или восстановление порядка. В этих процессах топливо будет использоваться с большей эффективностью по мере того, как они будут приближаться к обратимым процессам, а продукты производства будут использоваться обратимым образом. Если, например, в рабочем цикле СЭУ энергосодержание топлива используется только на 35%, то оставшаяся часть должна выбрасываться в окружающую среду в виде потерь топлива. Вместе с тем при повторном использовании этих потерь можно уменьшить производство энтропии необратимой части термодинамического процесса и, таким образом, сохранить значительную часть порядка. Направляя это тепло на обогрев помещений, работу утилизационных котлов, подготовку танков к выгрузке углеводородного сырья, для прогрева главных двигателей судна и судовых дизель-генераторных агрегатов (ДГА), находящихся в резерве, и др., мы можем сэкономить эквивалентное количество топлива. Основные положения термодинамики диктуют необходимость полного отказа от использования обогревателей, потребляющих электроэнергию, ибо при этом ДГА должны расходовать приблизительно втрое больше топлива, чем это необходимо для обогрева другими способами. Электроэнергию как высшую форму энергии целесообразно использовать для питания навигационного оборудования, судовых информационно-измерительных комплексов, электронных средств диагностики и автоматизации технологических процессов, судовых электроприводов и др., для которых этот вид энергии является единственно пригодным. Применение электроэнергии только для обогрева равносильно полной потере содержащейся в ней работы.

Характерной особенностью равновесной термодинамики является существование принципов экстремального поведения. В изолированных системах энтропия возрастает и достигает максимума в состоянии равновесия. Это основное концептуальное положение термодинамики. Вместе с тем, из второго начала термодинамики следует, что при поддержании постоянной энтропии и объема любая система эволюционирует к состоянию с минимальной энергией. Концептуальным является то, что поддержание организации в системах может обеспечиваться с помощью самоорганизации. Самоорганизующиеся системы делают возможной адаптацию к преобладающей окружающей среде, т.е. реагируют на изменения в окружающей среде, и именно их термодинамический отклик делает также системы чрезвычайно гибкими и устойчивыми к возмущениям внешних условий. Поэтому для решения проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на судах требуются совершенные технологии, позволяющие использовать высокий энергетический потенциал самоорганизующихся систем. К процессам самоорганизации следует отнести склонность самоорганизующихся систем к «оптимизации», а точнее — к «экономии». Термодинамические системы часто ведут себя так, что неко-

торая физическая величина достигает своего минимального или максимального значения. Например, потоки в пассивных гидравлических и иных сетях, а также токи в электрических цепях склонны к самоорганизации, при которой потоки в разветвленной пассивной сети распределяются так, что ими производится наименьшее количество теплоты. Это принцип наименьшего действия [3].

Универсальность принципа наименьшего действия, непосредственно содержащегося в основных положениях равновесной термодинамики, состоит в том, что на его основе можно получить все уравнения движения в механике [4]. Применительно к механическим объектам принцип гласит: если тело в момент  $t_1$  находится в точке  $x_1$ , а в момент  $t_2$  — в точке  $x_2$ , то движение происходит так, что минимизирует величину, называемую действием. Приближение к состоянию равновесия в различных условиях про-

исходит так, что термодинамический потенциал достигает своего экстремального значения. Организация экономии, базирующаяся на фундаментальных термодинамических положениях, предполагает применение на практике лишь эффективных процессов и исключение неэффективных [5]. При этом должны быть сведены к минимуму физические ограничения путем тщательного контроля и диагностики технического состояния главных двигателей и движительного комплекса судна, судовых ДГА, вспомогательных механизмов, основных потребителей топлива и энергии [6].

Следует также иметь в виду, что с уменьшением расхода топлива на совершение транспортной работы сокращаются процессы вредного воздействия работы СЭУ на окружающую среду: уменьшается общий объем вредных выбросов в атмосферу, сокращаются выбросы  $\text{CO}_x$  и других составляющих.

#### Литература:

1. Пашин, В. М. Роль науки в организации и становлении российского судостроения на современном этапе. «Судостроение». № 6, ноябрь — декабрь 2007, с.3–6.
2. Конкс, Г. А., В. А. Лашко Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта, 2005 г. — 512 стр.
3. Каганович, Б. М., Филиппов С. П. Равновесная термодинамика и математическое программирование. РАН, СО, Сибирский энергетический институт. Новосибирск: Наука, 1995. — 236 с.
4. Пригожин, И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: Пер. с англ. Ю. А. Данилова и В. В. Белого. — М.: Мир, 2002. — 461с.
5. Камкин, С. В., Возницкий И. В., Шмелев В. П. Эксплуатация судовых дизелей. М.: Транспорт, 1990. — 344 с.
6. Климов, Е. Н. Основы технической диагностики судовых энергетических установок. М. Транспорт. 1980 г.

## Остаточные напряжения при экспандировании стальной трубы

Шинкин Владимир Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (г. Москва)

*Предложен метод расчета остаточных напряжений листовой заготовки при ее изгибе на трубоформовочном прессе и максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании по технологии JSOE фирмы SMS Meer.*

**Ключевые слова:** *стальные сварные трубы большого диаметра, остаточные напряжения, трубоформовочный пресс, экспандер, магистральные трубопроводы.*

Производство труб большого диаметра для магистральных трубопроводов. В отечественных магистральных трубопроводах используются трубы большого диаметра — прямошовные, двухшовные и спиральношовные (диаметром до 1420 мм) класса прочности до K65 по стандарту API различного способа изготовления. Новейшими технологиями производства прямошовных одношовных сварных труб большого диаметра 1020 мм, 1220 мм и 1420 мм из сталей класса прочностей K38–K65 и X42–X80, с толщиной стенки до 52 мм и рабочим давлением до 22,15 МПа являются процессы формовки листа по схеме JSOE фирмы SMS Meer [1–51], используемые российскими заводами — АО «ВМЗ», ЗАО «ИТЗ», ОАО «ЧТПЗ», а также заводами Германии и Китая.

Схема JSOE включает на первой стадии подгибку кромок листовой заготовки с толщиной стенки до 52 мм из стали с пределами текучести и прочности  $\sigma_t = 340–470$  МПа и  $\sigma_b = 510–690$  МПа на кромкогибочном прессе пошаговым способом одновременно с двух сторон. Формовка основной части профиля листовой заготовки осуществляется на трубоформовочном прессе пошаговым способом гибки участков от подогнутых кромок к середине профиля одновременно по всей длине заготовок и обеспечивает получение трубных заготовок незамкнутого O-профиля. Далее осуществля-



ется сборка трубы с помощью газовой сварки наружного шва трубы и четырех дуговой сварки внутреннего и внешнего швов трубы. После сварки необходимый диаметр трубы и улучшение поперечной округлости трубы достигаются с помощью экспандирования.

**Производственные дефекты стального листа и труб.** Перед формовкой труб стальной лист правят на многороликовых листопрямительных машинах [1, 2, 6–12]. Дефект образования гофра продольной кромки стального листа на кромкогибочном прессе изучался в работах [1, 2, 17–25], дефект несплавления сварного продольного шва при сборке трубы изучался в работах [1, 2, 30], дефект «точка перегиба» при изгибе стального листа на трубоформовочном прессе — в [1, 2, 32], дефект стального листа раскатной пригар с риской — в [1, 2, 33].

Остаточные напряжения в стенке заготовки после трубоформовочного пресса. Пусть  $b$  и  $h$  — длина и толщина трубной заготовки,  $r_n$  — радиус формовочного ножа трубоформовочного пресса,  $\rho = r_n + h/2$  — радиус кривизны нейтральной линии стенки заготовки,  $\sigma_T$  и  $E$  предел текучести и модуль Юнга металла.

Изгибающий момент при формовке равен

$$M = \frac{1}{4}bh^2\sigma_T - \frac{1}{3}b\rho^2 \frac{\sigma_T^3}{E^2} + \frac{b(\Pi_p + \Pi_c)}{12} \left( \frac{h}{2\rho} - \frac{\sigma_T}{E} \right) \left( h^2 - h\rho \frac{\sigma_T}{E} - 2\rho^2 \frac{\sigma_T^2}{E^2} \right),$$

где  $\Pi_p$  и  $\Pi_c$  — модули упрочнения при растяжении и сжатии.

Остаточная радиус кривизны  $\rho_{ост}$  заготовки после разгрузки определяется из уравнения

$$\frac{\mu_1}{\rho_{ост}} = \frac{1}{\rho} - \frac{12M}{Eh^3b}.$$

где  $\mu_1 = \text{const}$  — коэффициент, учитывающий скорость деформации металла при формовке.

Наибольшие остаточные напряжения равны (рис. 1 и 2)

$$\sigma_{ост}^1 = \sigma_T + \Pi(\epsilon_{max} - \epsilon_T) - \frac{6M}{bh^2} < 0, \quad \sigma_{ост}^2 = \sigma_T - \frac{12M \sigma_T \rho}{bh^3 E} > 0.$$

Поперечное сечение бруса делится на две зоны — упругую и пластическую. Величина, определяющая границу этих зон, равна  $y_T = \epsilon_T \rho = \sigma_T \rho / E$ . Результаты вычислений показывают, что остаточные напряжения внутри стенки трубы могут достигать 79–81% от предела текучести металла трубы и в 1,63–1,66 раза больше остаточных напряжений на внешней и внутренней поверхностях трубы.

**Напряжения в стенке трубы при экспандировании.** После формовки на кромкогибочном и трубоформовочном прессах труба имеет недостаточную округлость ее стенки, а «диаметр» трубы на 0,5–1,5% меньше требуемого. Достижение требуемого диаметра трубы и максимальной ее округлости достигается с помощью технологической операции экспандирования.

Пусть  $B$  — ширина листа,  $r_{1e} = B / (2\pi)$  — «радиус» нейтральной линии стенки трубы перед экспандированием,  $r_{2e}$  — максимальный внутренний радиус трубы при экспандировании и  $r_{3e}$  — требуемый внешний радиус трубы после экспандирования ( $r_{1e} < r_{3e} < r_{2e}$ ). Пусть  $D_1 = 2r_{1e} + h$  — «диаметр» трубы до экспандирования.

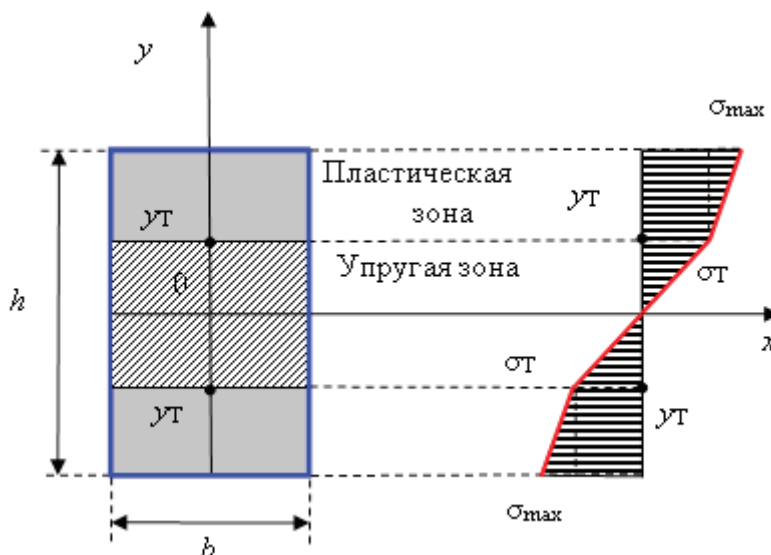


Рис. 1. Напряжения в стенке заготовки при деформации на трубоформовочном прессе



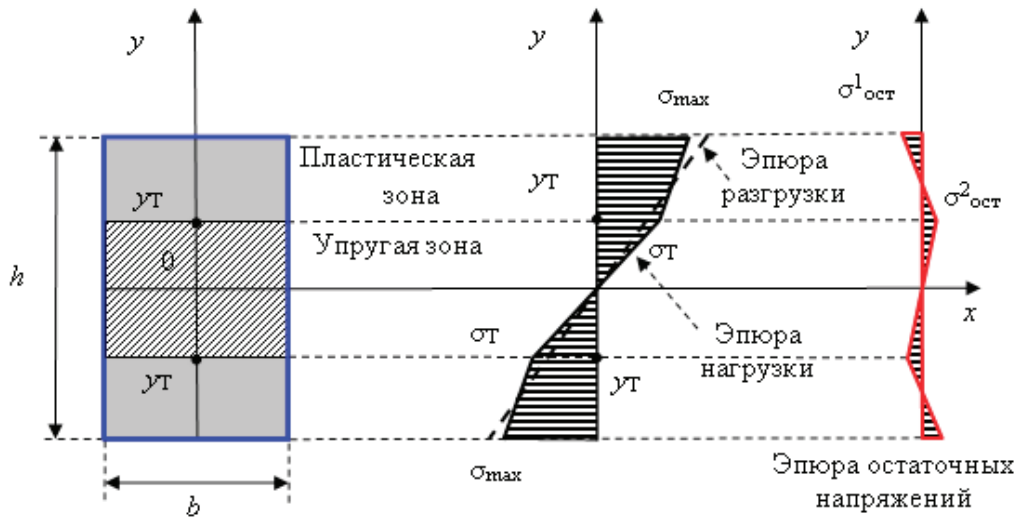


Рис. 2. Остаточные напряжения в стенке заготовки после деформации на трубоформовочном прессе

Максимальный внутренний радиус трубы при экспандировании определяется из уравнения:

$$r_{2e} = \left( \left( \frac{r_{3e} + \sqrt{r_{3e}^2 - 2r_{1e}h}}{2\mu_2 r_{1e}} - 1 \right) / \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) + \frac{\sigma_T}{E} + 1 \right) r_{1e} - \frac{h}{2 \left( \left( \frac{r_{3e} + \sqrt{r_{3e}^2 - 2r_{1e}h}}{2\mu_2 r_{1e}} - 1 \right) / \left( 1 - \frac{\Pi}{E} \right) + \frac{\sigma_T}{E} + 1 \right)}$$

где  $\mu_2 = \text{const}$  — коэффициент, учитывающий скорость деформации металла при экспандировании.

Максимальные окружные напряжения на нейтральной поверхности трубы только от экспандировании (без учета остаточных напряжений от изгиба заготовки на трубоформовочном прессе) равны

$$\sigma_{max}^{экс} = \sigma_T + \Pi_p \left( \frac{r_{2e} + \sqrt{r_{2e}^2 + 2r_{1e}h} - 2r_{1e}}{2r_{1e}} - \frac{\sigma_T}{E} \right) > 0.$$

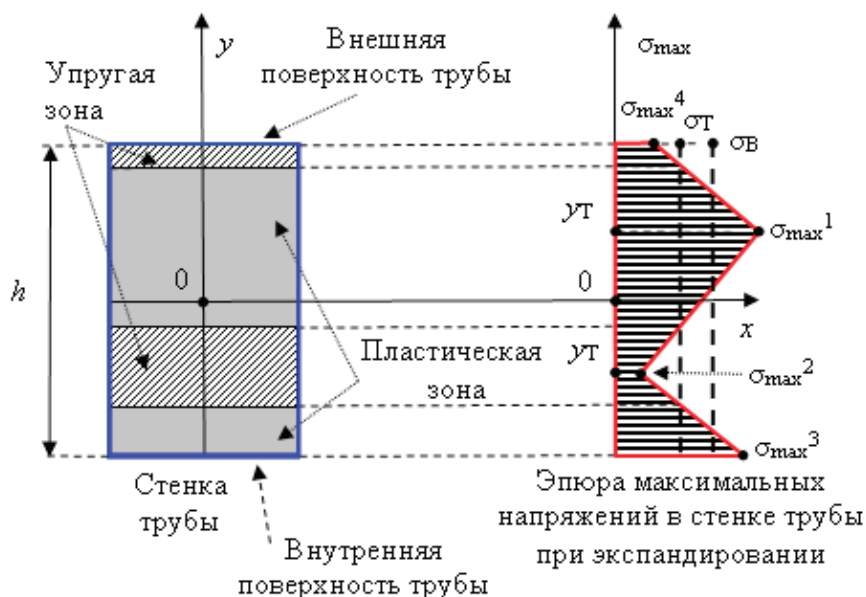


Рис. 3. Эпюра максимальных окружных напряжений при экспандировании трубы

Результаты расчета. Максимальные окружные напряжения в стенке трубы только от экспандирования (без учета остаточных напряжений от формовки заготовки на трубоформовочном прессе) для трубы диаметром  $D = 1420$  мм ( $r_{3e} = 710$  мм) из листа шириной  $B = 4365$  мм ( $r_{1e} = 694,7$  мм) с пределом текучести  $\sigma_T = 500$  МПа превышают предел текучести металла. Поэтому внутри стенок экспандируемых труб могут возникать суммарные окружные напряжения (равные сумме нормальных остаточных напряжений от трубоформовочного пресса и окружных нормальных напряжений только от экспандирования) превышающие предел прочности металла трубы  $\sigma_B$  (рис. 3).

Для рассмотренной выше трубы диаметром  $D = 1420$  мм и толщиной стенки  $h = 21$  мм из стального листа с пределом текучести  $\sigma_T = 500$  МПа и пределом прочности  $\sigma_B = 600$  МПа максимальная сумма остаточных напряжений после трубоформовочного пресса и экстремальных окружных напряжений при экспандировании внутри трубы равна  $1,524 \sigma_B$ . На внутренней и внешней поверхностях той же трубы максимальные суммарные окружные напряжения соответственно равны  $1,254 \sigma_B$  и  $0,437 \sigma_B$ .

В этом случае максимальные касательные напряжения внутри стенки трубы (на расстоянии  $y_T$  от срединной поверхности стенки трубы в сторону ее внешней поверхности) и на ее внутренней поверхности станут больше половины предела прочности металла. По третьей теории прочности внутри стенок таких труб и на их внутренних поверхностях могут образоваться дефекты (отсутствующие на внешних поверхностях труб) — микротрещины и микрорасслоения металла, приводящие к заметному снижению предела выносливости (усталости) металла при циклических нагрузках.

#### Литература:

1. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2013. — 655 с.
2. Шинкин, В. Н. Механика сплошных сред для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2014. — 628 с.
3. Шинкин, В. Н. Сопротивление материалов. Простые и сложные виды деформаций в металлургии. — М: Изд. Дом МИСиС, 2008. — 307 с.
4. Шинкин, В. Н. Теоретическая механика для металлургов. — М: Изд. Дом МИСиС, 2012. — 679 с.
5. Буланов, Э. А., Шинкин В. Н. Механика. Вводный курс. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 172 с.
6. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки стальной полосы на пятироликовой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 8 (88). с. 344–349.
7. Шинкин, В. Н. Правка толстой стальной полосы на одиннадцатироликовой листопрямляющей машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 9 (89). с. 359–365.
8. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки тонкой стальной полосы на пятнадцатироликовой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 10 (90). с. 361–366.
9. Шинкин, В. Н. Холодная правка толстого стального листа на девятироликовой машине фирмы SMS Siemag на металлургическом комплексе стан 5000 // Молодой ученый. 2015. № 11 (91). с. 467–472.
10. Шинкин, В. Н. Четырехроликовый режим холодной правки толстого стального листа на пятироликовой листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 12 (92). с. 356–361.
11. Шинкин, В. Н. Упругопластическая деформация металлического листа на трехвалковых вальцах // Молодой ученый. 2015. № 13 (93). с. 225–229.
12. Шинкин, В. Н. Шестироликовый режим предварительной правки стальной полосы на листопрямляющей машине фирмы Fagor Arrasate // Молодой ученый. 2015. № 14 (94). с. 205–211.
13. Шинкин, В. Н. Определение критических давлений магистральных газонефтепроводов при частичном несплавлении продольного сварного шва стальных толстостенных труб // Молодой ученый. 2015. № 15 (95). с. 222–227.
14. Шинкин, В. Н. Критерий разрушения труб при дефекте раскатной пригар // Молодой ученый. 2015. № 16 (96). с. 261–265.
15. Шинкин, В. Н. Дефект перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе // Молодой ученый. 2015. № 17 (97). с. 318–323.
16. Шинкин, В. Н. Подгибка кромок стального листа по эвольвенте // Молодой ученый. 2015. № 18 (98). с. 231–237.
17. Шинкин, В. Н. Критерий образования гофра при формовке стального листа на кромкогибочном прессе SMS Meeg // Молодой ученый. 2015. № 19 (99). с. 238–243.
18. Шинкин, В. Н. Гофр продольной кромки листа при его формовке на кромкогибочном прессе // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2009. Вып. 6. с. 171–174.
19. Шинкин, В. Н., Уандыкова С. К. Гибка стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе при производстве труб большого диаметра // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. 2009. № 16. с. 110–112.
20. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса формовки заготовки для труб большого диаметра // Сталь. 2011. № 1. с. 54–58.

21. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процесса пластического формоизменения листовой заготовки для производства труб большого диаметра // *Обработка металлов давлением*, 2011. № 3 (28). с. 7–11.
22. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Формовка листовой заготовки в кромкогибочном прессе и условие возникновения гофра при производстве труб магистральных трубопроводов // *Производство проката*. 2011. № 4. с. 14–22.
23. Шинкин, В. Н. Математическое моделирование процессов производства труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // *Вестник Саратовского государственного технического университета*. 2011. № 4 (62). Вып. 4. с. 69–74.
24. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Упругопластическое формоизменение металла на кромкогибочном прессе при формовке труб большого диаметра // *Сталь*. 2011. № 6. с. 53–56.
25. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Модель пластического формоизменения кромок листовой заготовки при производстве труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // *Известия вузов. Черная металлургия*. 2011. № 9. с. 45–49.
26. Шинкин, В. Н., Коликов А. П. Моделирование процессов экспандирования и гидротестирования труб большого диаметра для магистральных трубопроводов // *Производство проката*. 2011. № 10. с. 12–19.
27. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Барыков А. М. Технологические расчеты процессов производства труб большого диаметра по технологии SMS Meer // *Металлург*. 2011. № 11. с. 77–81.
28. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Simulation of the shaping of blanks for large-diameter pipe // *Steel in Translation*. 2011. Vol. 41. No. 1. P. 61–66.
29. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Elastoplastic shaping of metal in an edge-ending press in the manufacture of large-diameter pipe // *Steel in Translation*. 2011. Vol. 41. No. 6. P. 528–531.
30. Шинкин, В. Н., Барыков А. М., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Критерий разрушения труб большого диаметра при несплавлении сварного соединения и внутреннем давлении // *Производство проката*. 2012. № 2. с. 14–16.
31. Шинкин, В. Н., Коликов А. П., Мокроусов В. И. Расчет максимальных напряжений в стенке трубы при экспандировании с учетом остаточных напряжений заготовки после трубоформовочного пресса SMS Meer // *Производство проката*. 2012. № 7. с. 25–29.
32. Шинкин, В. Н. Критерий перегиба в обратную сторону свободной части листовой заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer при производстве труб большого диаметра // *Производство проката*. 2012. № 9. с. 21–26.
33. Шинкин, В. Н., Мокроусов В. И. Критерий разрыва труб газонефтепроводов при дефекте раскатной пригар с риской // *Производство проката*. 2012. № 12. с. 19–24.
34. Shinkin, V. N., Kolikov A. P. Engineering calculations for processes involved in the production of large-diameter pipes by the SMS Meer technology // *Metallurgist*. 2012. Vol. 55. Nos. 11–12. P. 833–840.
35. Шинкин, В. Н., Федотов О. В. Расчет технологических параметров правки стальной горячекатаной рулонной полосы на пятироlikовой машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // *Производство проката*. 2013. № 9. с. 43–48.
36. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет технологических параметров холодной правки стального листа на девятироlikовой машине SMS Siemag металлургического комплекса стан 5000 // *Производство проката*. 2014. № 5. с. 7–15.
37. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров правки стального листа на одиннадцатироlikовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // *Производство проката*. 2014. № 8. с. 26–34.
38. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Расчет формы трубной заготовки при гибке на кромкогибочном и трубоформовочном прессах фирмы SMS Meer при производстве труб большого диаметра по схеме JCOE // *Производство проката*. 2014. № 12. с. 13–20.
39. Шинкин, В. Н., Борисевич В. Г., Федотов О. В. Холодная правка стального листа в четырехроlikовой листопрямительной машине // В сборнике: *Глобализация науки: проблемы и перспективы*. Том 2. — Уфа: Башкирский государственный университет, 2014. — с. 119–121.
40. Шинкин, В. Н. Математическая модель правки тонкого стального листа на пятнадцатироlikовой листопрямительной машине линии поперечной резки фирмы Fagor Arrasate // *Производство проката*. 2015. № 1. с. 42–48.
41. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Гибка стального листа на трубоформовочном прессе при производстве труб большого диаметра // *Сталь*. 2015. № 4. с. 38–42.
42. Шинкин, В. Н. Производство труб большого диаметра по схеме JCOE фирмы SMS Meer для магистральных трубопроводов // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 3–1. с. 64–67.
43. Шинкин, В. Н. Расчет технологических параметров кромкогибочного пресса фирмы SMS Meer // *Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук*. 2015. № 4–1. с. 114–119.

44. Шинкин, В. Н. Математический критерий возникновения гофра при формовке стальной листовой заготовки на кромкогибочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 5—1. с. 96—99.
45. Шинкин, В. Н. Расчет усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе плоской толстой стальной заготовки при производстве труб большого диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 6—1. с. 115—118.
46. Шинкин, В. Н. Оценка усилий трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе стальной цилиндрической заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 7—1. с. 74—78.
47. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Сила давления пуансона трубоформовочного пресса SMS Meer при изгибе частично изогнутой толстой стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 8—1. с. 78—83.
48. Шинкин, В. Н., Барыков А. М. Математический критерий перегиба стальной заготовки на трубоформовочном прессе SMS Meer // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 9—1. с. 73—77.
49. Шинкин, В. Н. Влияние остаточных напряжений на прочность металла при экспандировании стальной заготовки // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2015. № 10—1.
50. Шинкин, В. Н. Оценка критических давлений при разрушении стальных труб магистральных газонефтепроводов при несплавлении сварного соединения // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2015. № 5—6. с. 7—11.
51. Пермичев, Н. Ф., Барыков А. М., Палева О. А. Управление инновационным потенциалом предприятия. — Нижний Новгород: Изд. ВВАГС, 2008. — 83 с.

# Молодой ученый

Научный журнал  
Выходит два раза в месяц

№ 20 (100) / 2015

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.  
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.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кузьмина В. М.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Матроскина Т. В.  
Матусевич М. С.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенцов А. Э.  
Сенюшкин Н. С.  
Титова Е. И.  
Ткаченко И. Г.  
Фозилов С. Ф.  
Яхина А. С.  
Ячинова С. Н.

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
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)  
Игиснинов 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)

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Голубцов М. 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:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: info@moluch.ru

http://www.moluch.ru/

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

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