

МОЛОДОЙ

ISSN 2072-0297

# УЧЁНЫЙ

международный научный журнал



«Недостатки физического и нравственного развития, приобретенные в младенчестве и в возрасте первого детства, часто вообще составляют непоправимое зло, с которым уже не удается справиться в позднейшем возрасте, несмотря на всевозможные старания родителей и усилий врачей и педагогов.»

«Если больному после разговора с врачом не становится легче, то это не врач.»

«Всякий знает, какое магическое оздоравливающее действие можно приобрести одно утешительное слово со стороны врача и, наоборот, как иногда убийственно... действует на больного суровый холодный приговор врача.»

16+

9  
2016  
Часть II

ПСИХИКА  
ЖИЗНЬ  
Акад. В. Бехт  
Профессора Пидерагуэвой  
Директора Кабинета Душе  
ИЗДАНИЕ  
«БЕЗОСМЫСЛЕН  
ЧЕЛОВЕЧЕСКОЙ ЛИЧНОСТИ,  
КАНЬ НАУЧНАЯ ПРОБЛЕМА.  
Акад. и заслуж. проф. В. М. Бехтерева,  
Президента Психологического Института.  
ОБЪЕКТИВНАЯ  
ПСИХОЛОГИ  
СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ  
В. М. БЕХТЕРЕВА  
ВНУШЕНИЕ  
И ЕГО РОЛЬ  
ВЩЕСТВЕННОЙ ЖИЗНИ.  
В. М. Бехтерева,  
ОБЩАЯ  
РЕВОЛЮЦИОНА

Нравственное уродство и преступность являются результатом недостатка воспитания и испорченности, идущей с раннего возраста.»

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Международный научный журнал

Выходит два раза в месяц

№ 9 (113) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, доктор педагогических наук

Иванова Юлия Валентиновна, доктор философских наук

Каленский Александр Васильевич, доктор физико-математических наук

Куташов Вячеслав Анатольевич, доктор медицинских наук

Лактионов Константин Станиславович, доктор биологических наук

Сараева Надежда Михайловна, доктор психологических наук

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

Авдеюк Оксана Алексеевна, кандидат технических наук

Айдаров Оразхан Турсункожаевич, кандидат географических наук

Алиева Тарана Ибрагим кызы, кандидат химических наук

Ахметова Валерия Валерьевна, кандидат медицинских наук

Брезгин Вячеслав Сергеевич, кандидат экономических наук

Данилов Олег Евгеньевич, кандидат педагогических наук

Дёмин Александр Викторович, кандидат биологических наук

Дядюн Кристина Владимировна, кандидат юридических наук

Желнова Кристина Владимировна, кандидат экономических наук

Жуйкова Тамара Павловна, кандидат педагогических наук

Жураев Хуснидин Олтинбоевич, кандидат педагогических наук

Игнатова Мария Александровна, кандидат искусствоведения

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

Кенесов Асхат Алмасович, кандидат политических наук

Коварда Владимир Васильевич, кандидат физико-математических наук

Комогорцев Максим Геннадьевич, кандидат технических наук

Котляров Алексей Васильевич, кандидат геолого-минералогических наук

Кузьмина Виолетта Михайловна, кандидат исторических наук, кандидат психологических наук

Кучерявенко Светлана Алексеевна, кандидат экономических наук

Лескова Екатерина Викторовна, кандидат физико-математических наук

Макеева Ирина Александровна, кандидат педагогических наук

Матвиенко Евгений Владимирович, кандидат биологических наук

Матроскина Татьяна Викторовна, кандидат экономических наук

Матусевич Марина Степановна, кандидат педагогических наук

Мусаева Ума Алиевна, кандидат технических наук

Насимов Мурат Орленбаевич, кандидат политических наук

Паридинова Ботагоз Жаппаровна, магистр философии

Прончев Геннадий Борисович, кандидат физико-математических наук

Семахин Андрей Михайлович, кандидат технических наук

Сенцов Аркадий Эдуардович, кандидат политических наук

Сенюшкин Николай Сергеевич, кандидат технических наук

Титова Елена Ивановна, кандидат педагогических наук

Ткаченко Ирина Георгиевна, кандидат филологических наук

Фозилов Садриддин Файзуллаевич, кандидат химических наук

Яхина Асия Сергеевна, кандидат технических наук

Ячинова Светлана Николаевна, кандидат педагогических наук

На обложке изображен Владимир Михайлович Бехтерев (1857–1927) — русский психиатр, невропатолог, физиолог, психолог, основоположник рефлексологии и патопсихологического направления в России.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Узаков Гулом Норбоевич, *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)*

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Галина Анатольевна

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

**Художник:** Шишков Евгений Анатольевич

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

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

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

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

Учредитель и издатель: ООО «Издательство Молодой ученый».

Тираж 500 экз. Дата выхода в свет: 1.06.2016. Цена свободная.

Материалы публикуются в авторской редакции. Все права защищены.

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Vilts C. R., Korshunova J. M., Romashkina A. A., Nesterenko A. A.**

The use of starter cultures for the production of ham ..... 113

**Vilts C. R., Korshunova J. M., Romashkina A. A., Nesterenko A. A.**

Improvement of technology of raw smoked sausages ..... 116

**Вильц К. Р., Коршунова Я. М., Свиридович А. П., Нестеренко А. А.**

Микрокристаллическая целлюлоза — заменитель жира ..... 119

**Гаврильев А. М.**

Применение пневматической перемычки на р. «Интернациональный» ..... 122

**Гуцкалов И. И., Литовченко В. В., Зулкарнеев Г. С., Медведев А. Д.**

Технологические приемы изготовления дисперсно-армированного мелкозернистого бетона на основе базальтовых волокон ..... 125

**Деулин Е. А., Арутюнян З. Р.**

Метод и устройство измерения чистоты рабочих поверхностей в ядерной технике ..... 131

**Емельянова Д. К.**

Синтез регулятора системы управления электроприводами канала наведения по горизонту платформы стабилизированной ..... 135

**Закиров Е. А., Малёв М. В.**

Робот в помощь сельскому хозяйству ..... 143

Robot in aid to agriculture ..... 143

**Закиряева Н. Г., Уринова Д. Э.**

Виды национальных узоров, применяемых в золотешвейных изделиях ..... 145

**Закожурников С. С., Закожурникова Г. С.**

Оптимизация технологического процесса производства карбида кремния ..... 147

**Зулкарнеев Г. С., Мелентьев А. С., Гафиятуллина Н. М., Гуцкалов И. И.**

Эффективность применения высокопрочного бетона при возведении железобетонных промышленных газоотводящих труб ..... 150

**Ибрагимов У. Х.**

Экспериментальное исследование влияния геометрической формы локальных дисковых турбулизаторов на гидравлическое сопротивление в трубах ..... 156

**Ибрагимов У. Х.**

Исследование гидравлического сопротивления внутри труб с локальными турбулизаторами .. 158

**Иванов К. Ю.**

Моделирование распределения температурных полей и процесса набора прочности бетонной смеси при зимнем бетонировании буронабивных свай ..... 162

**Казанцев И. С.**

Анализ клавиатурного почерка в процессах аутентификации, идентификации и обнаружения подмены оператора ..... 167

**Казанцев И. С.**

Проблемы обнаружения подмены законного оператора ключевой информационной системы ..... 169

**Каландаров Н. О., Гойибова Д. Ф.**

Влияние коррозии на прочность оборудования ..... 171

**Каландаров Н. О.**

Защита от коррозии оборудования первичной подготовки нефти ..... 173

<b>Карабашлыков Г. А.</b> Сравнительный обзор сетевых интерфейсов для коммутации испытательной стендовой базы динамического полунатурного моделирования.....	175	<b>Литвинова А. В., Богданова Е. В., Гребенщиков А. В.</b> Микроструктура кисломолочного мороженого с растительными компонентами .....	200
<b>Киселёв Б. Ю.</b> Расчет потерь мощности и энергии в кабельной линии при помощи пакетного вейвлет-преобразования .....	181	<b>Лозынина С. М.</b> Очевидное-невероятное (экспертиза сотовых телефонов) .....	202
<b>Козлов М. Д.</b> Векторное управление активным выпрямителем напряжения .....	184	<b>Маларев В. И., Лакота О. Б.</b> Скважинный электротермический комплекс с электропарогенератором-сепаратором пара для добычи высоковязкой нефти .....	205
<b>Козлова Е. А., Недовесова А. А.</b> Технические и программные средства съёма и защиты информации .....	189	<b>Маматкулов И. А.</b> Новые ингибиторы для бурения неустойчивых глинистых отложений и при проходке глинистых разрезов.....	208
<b>Кузнецова Н. А., Князев Ю. В., Родионов Д. А., Макеев П. В.</b> Направления использования девулканизата ..	190	<b>Маркин С. Г.</b> Повышение долговечности узлов трения пожарных машин .....	213
<b>Кузнецова Н. А., Князев Ю. В., Родионов Д. А., Шашков И. В.</b> Применение композиционных полимерных материалов на основе минеральных наполнителей в строительстве .....	192	Raising of capacity and durability of details machine .....	213
<b>Кулиева Ш. Х.</b> Интенсификация процесса проектирования одежды .....	193	<b>Мотыченков Л. А.</b> Математическая модель для расчёта утечек через поршневые кольца.....	217
<b>Лебедев А. В.</b> Эволюция упаковки, её дизайн и дополненная реальность .....	196	<b>Мохов А. И., Рафальская Т. А.</b> Влияние возмущающих и регулирующих воздействий на температурный режим зданий.....	224
		<b>Мухамадиева К. Б.</b> Распознавание мобильных объектов на основе эвристических данных и машинного обучения.....	230



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### The use of starter cultures for the production of ham

Vilts Christina Rudolfovna, student;  
Korshunova Jan Mikhaelovna, student;  
Romashkina Alevtina Anatolievna, student;  
Nesterenko Anton Alexeyevich, kand. tehn. sciences, associate professor  
Kuban State Agrarian University, Krasnodar

**Introduction.** The main goal of meat industry is intensification of production and simultaneous quality increase of the products made. One of the perspective trends of technologies development is making and using in meat products the biologically active substances on the base of micro-organisms interact products [1, c. 161]. Such preparations are known as bacterial starter cultures (bacterial starters).

Bacterial starter cultures allow hydrolyzing the connective tissue of meat raw materials due to which its water binding and water holding capacities grow, its toughness decreases, its nutritious capacity and finished products output increase [2, c. 223].

Many scientists have proved the perspective of starter cultures use that consist of selected microorganisms strains which are target directed on the technological process reduction and obtaining stable quality indices of the product by using the meat raw material rich in collagen [3, c. 1216].

In the fermentation process the bacterial starter cultures synthesize different exo- and endo-enzymes. Due to their proteolytic activity many bacterial starter cultures take part in improving the meat products consistence. Combining collagenases and elastases they improve value and tenderness of raw meat with considerable amount of connective-tissue proteins. So, biosynthesis of lactic and other organic acids by bacteria (foremost lactobacillus and micrococcus family) promote increasing tender and juicy meat quality because they cause collagen swelling and thus promote the tissue opening and low molecules binds hydrolyzing. The hydrogen ion exponent value (pH) of the raw materials plays an important role here. Due to the low pH value index the activity of the intracellular enzymes cathepsins grows, the optimal pH value of which is 4,5–3,8 [4, c. 167, 5, c. 62].

The research goal is to study the influence of the starter cultures on the model mince out of low grade meat raw materials.

**The research methods.** The research object is the influence of micro-organisms consortiums on the raw meat mate-

rials. The micro-organisms cultivation was done by a surface way. This method is that micro-organisms are grown on the surfaces of hard and liquid nutrient medium. Hard nutrient mediums on the glucose basis were used for the research. The ready mediums were poured into Petri dishes and then the cultures were seeded on the sterile nutrient medium and the dishes were placed in the thermostat at 37°C.

During the research the experiment to detect the micro-organisms growth on the raw meat materials were carried out and the possibility to modify the connective proteins with their help.

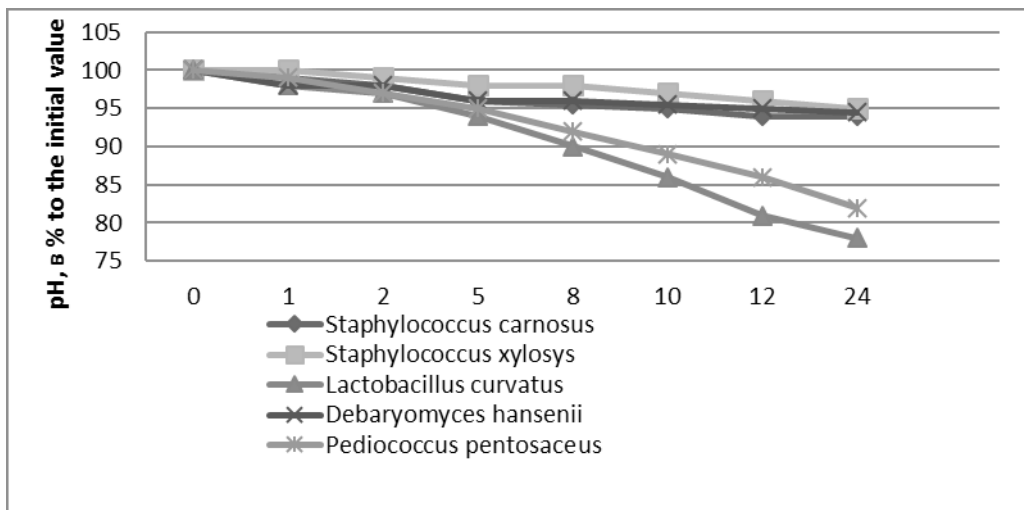
To study the microorganisms growth on the raw meat materials the model mince that consisted of 50% beef second quality and 50% semi fat pork into which the researched microorganisms were introduced.

The activation of cultures was done in the microbiological box according to the instruction of the microbiological control. The experiment was carried out for 24 hours.

**The research results.** For the experiment we took the cultures that showed their qualities most actively at summer sausage produce. One of the most important indices for starter cultures is change of physical chemical and functional technological indices of the raw meat materials. To produce sausage the most significant index of the raw materials is water binding capacity (WBC), water holding capacity of the raw meat materials and the pH change of the mince [6, c. 50, 7, c. 20].

The decrease of the pH value of the model mince is shown in picture 1.

The research of the pH value of the model mince proved that the growth of cultures *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus* is accompanied by a significant decrease of pH value of the model mince. The decrease of pH value is due to appearing the lactic acid in the vital activity. The lactic acid is used in meat and meat products produce due to its high diffusion abilities, anti-microbial effect, an ability to plasticize proteins, speed the meat ripening, open the collagen bundles and regulate the pH value and taste.



Picture 1. pH value change of the model mince

As the result of lack of acid-forming capacity the pH value decrease of the model minces with cultures *Debaryomyces hansenii*, *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus xylosus* took place insignificantly.

The proteins of the muscle tissue are known to have a higher WBC than the connective tissue proteins and the water binding capacity of the trimmed meat reduces with decrease of the meat materials grade [8, с. 65].

The results change of water-binding capacity of model minces is given in picture 2. control.

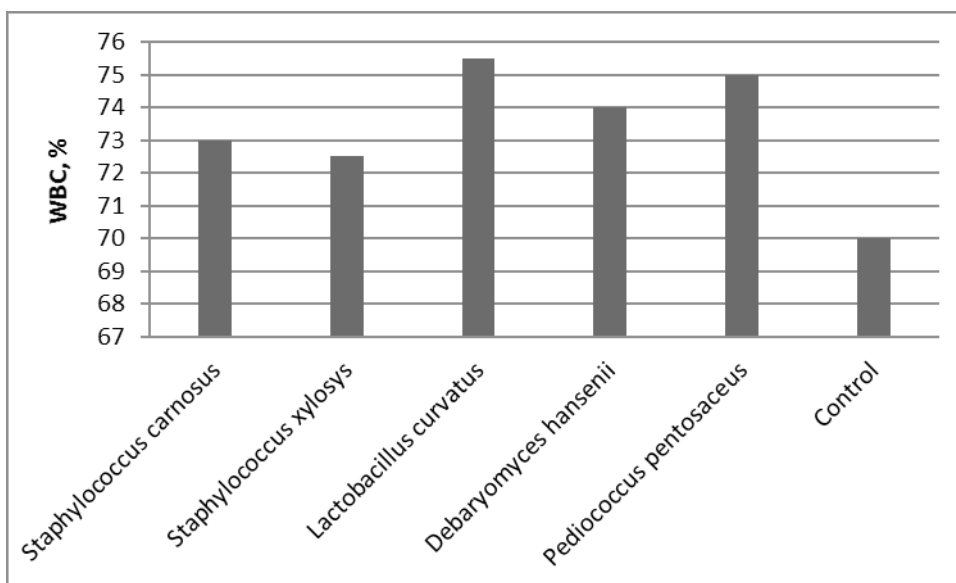
From the given data we can see that the control sample of the model mince without the introduced researched cultures are lower than the experiment samples of the model mince by the water binding capacity. The received data show that if the experiment cultures are added we can observe the tendency to the WBC increase of the model mince.

The water holding capacity of the raw materials is characterized by the ability to hold water during the thermo processing. This value provides the output of the finished product and is the most important technological index.

The results change of water-holding capacity of model minces is given in picture 3.

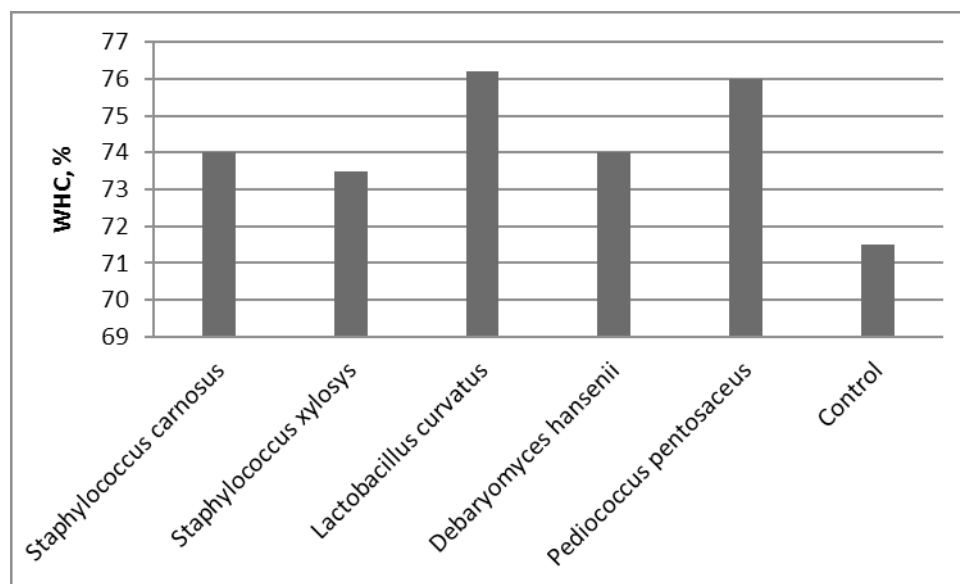
The given results prove that by introducing the researched cultures into the model mince there is a tendency to the WBC increase which is more expressed in the acid-forming microorganisms *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus*.

**Conclusions.** The research of the starter cultures was done on the model mince of the low value meat materials. The introduction of *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus pentosaceus* cultures lead to the shift of the pH value of the model mince to the acid side and increase the water binding



Picture 2. The change of the WBC of the model mince





Picture 3. The change of the WHC of the model mince

and water holding capacities of the model mince. The introduction of *Debaryomyces hansenii*, *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus xylosys* does not lead to a significant change of the pH value, WBC and WHC of the model mince.

We think that adding into the recipe the mentioned above cultures will bring to significant changes of the functional technological qualities of the collagen containing meat materials.

References:

1. Сложенкина, М.И. Целесообразность использования текстуратов растительных белков в производстве ветчинных изделий/М.И. Сложенкина, Е.А. Кузнецова, Ю.В. Стародубова, М.Н. Чепеленко//Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. — 2015. — № 1 (37). — с. 161–164.
2. Нестеренко А.А. Функционально-технологические показатели сырья после внесения стартовых культур [Текст] / А.А. Нестеренко, К.В. Акопян // Молодой ученый. — 2014. — № 8. — с. 223–226.
3. Nesterenko A.A. Biological assessment of summer sausage with preprocessing for starter cultures and meat raw by electromagnetic field of low frequencies / A.A. Nesterenko, N.V. Kenijz, S.N. Shlykov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. — № 7 (1) — P. 1214–1220.
4. Зайцева, Ю.А. Новый подход к производству ветчины [Текст] / Ю.А. Зайцева, А.А. Нестеренко // Молодой ученый. — 2014. — № 4. — с. 167–170.
5. Трубина И.А. Алгоритмизация проектирования продуктов питания функциональной направленности / И.А. Трубина, С.Н. Шлыков, В.В. Садовой // Вестник АПК Ставрополя. — 2013. — № 4 (12). — с. 62–66.
6. Интенсификация процесса изготовления сырокопченых колбас (инновационные технологии): монография / Н.В. Тимошенко, А.М. Патиева, А.А. Нестеренко, Н.В. Кенийз. — Краснодар: КубГАУ, 2015. — 163 с.
7. Трубина И. А. Разработка технологий мясopодуKтоB функциональной направленности с модифицированными пищевыми добавками. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н.: 05.18.04.: защищена 2009 / Ставрополь: СевКавГТУ
8. Нестеренко, А.А. Применение стартовых культур в технологии производства ветчины / А.А. Нестеренко, Ю.А. Зайцева // Вестник Казанского государственного аграрного университета. — 2014. — № 1 (31) — с. 65–68.

## Improvement of technology of raw smoked sausages

Vilts Christina Rudolfovna, student;  
 Korshunova Jan Mikhaelovna, student;  
 Romashkina Alevtina Anatolievna, student;  
 Nesterenko Anton Alexeyevich, kand. tehn. sciences, associate professor  
 Kuban State Agrarian University, Krasnodar

Lately the success of the scientific research in the biotechnology sphere have brought to development of the new technologies that can speed up summer sausage production, improve their organoleptic characteristics and significantly increase the guarantee the high quality produce of food. One of the ways to intensify the technological process of the summer sausages is using the starter cultures [1, c. 30, 2, c. 15].

Developing the improved technology of summer sausage we put the following tasks:

- to intensify the technological process by speeding the sausage ripening;
- to suppress the unfavorable micro flora and speed the starter cultures growth;
- to get the high quality product;
- to apply the suggested solutions at any plant without much preparation [3, c. 23, 4, c. 583].

The pilot-industrial testing was done at CLSC «Meat Processing Plant «Tikhoretsky» in accordance with TC 9213–006–00422020–2002 «Summer sausage semi dry. The technical conditions» developed by the meat processing specialists. To carry out the pilot-industrial testing we chose the recipe of the sausage «Tikhoretskaia» given in table 1.

According to our preliminary results of the research [5, c. 1215, 6, c. 44] to provide the normal fermentation the use of less amount of the starter cultures was justified. That is why in the studied sample we used lower amount of the starter

cultures that was 15g. As the technological instruction supposes using the starter cultures it was decided to compare the possible recipes [7, c. 50].

For the test lot the meat materials were initially put into carts in layers not more than 30 cm and were treated with low frequencies of the electro-magnetic field at frequency 100 Hz for 30 minutes and were sent to freeze up to minus  $3 \pm 2$  oC in the thick piece for 8–12 hours.

After mincing the beef to the pilot lot the activated by the low frequencies of the electro-magnetic field the starter cultures Almi 2 were added and chopped for 0,5–1,0 min, then we added spices, the sodium nitrite salt and operated 2–3 cup revolutions of the grinder, then the pork was put and grinded for 0,5–1,0 min till we got equally grinded meat, the salted pork fat was added and grinded again for 0,5–1,0 min. The rest of the operations were performed in accordance with TC 9213–006–00422020–2002.

During the pilot-industrial test we observed three indices: the pH value, mass fraction of moisture and QMAFAnM.

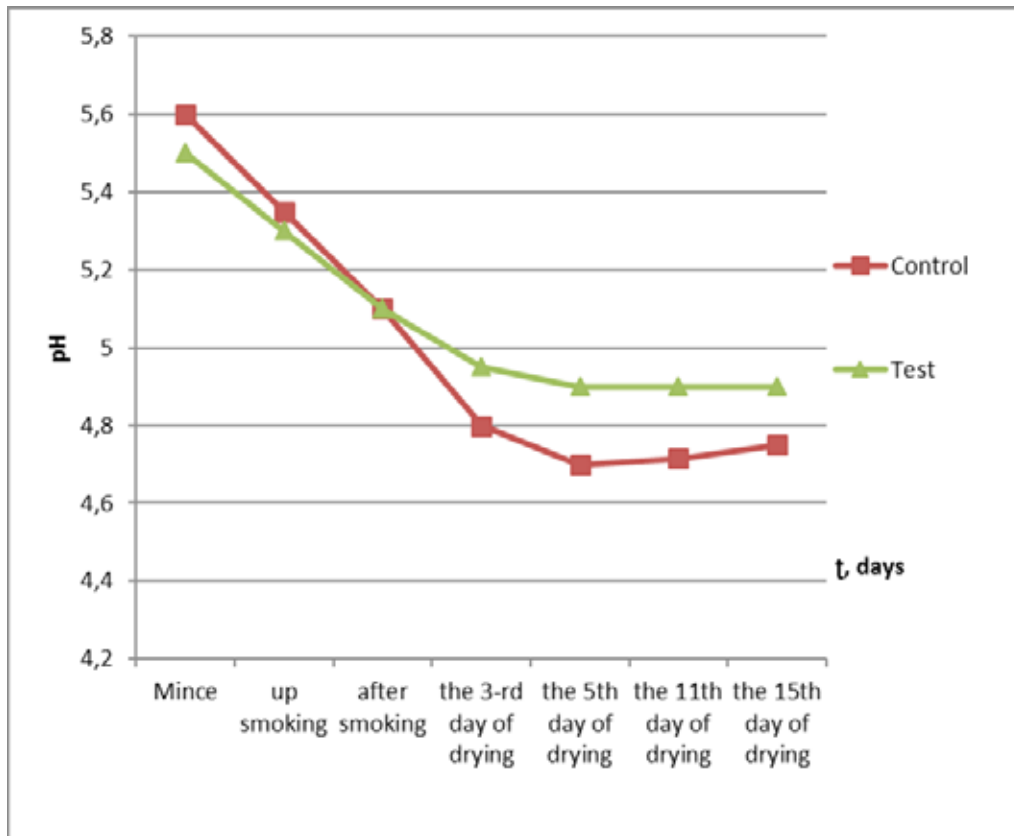
The change of the pH value is shown in picture 1.

As we see in picture 1, the decrease of the pH value in the pilot lot at the first stages of production goes faster. It is conditioned by a quick development of the starter micro-flora affected by the low frequencies of the electro-magnetic field.

The drying speed depends on several factors: mince pH value, temperature, humidity and moving speed of air [8, c. 149, 9, c. 50]. At the first stage of summer sausage produce

Table 1. The recipe of the summer sausage «Tikhoretskaia»

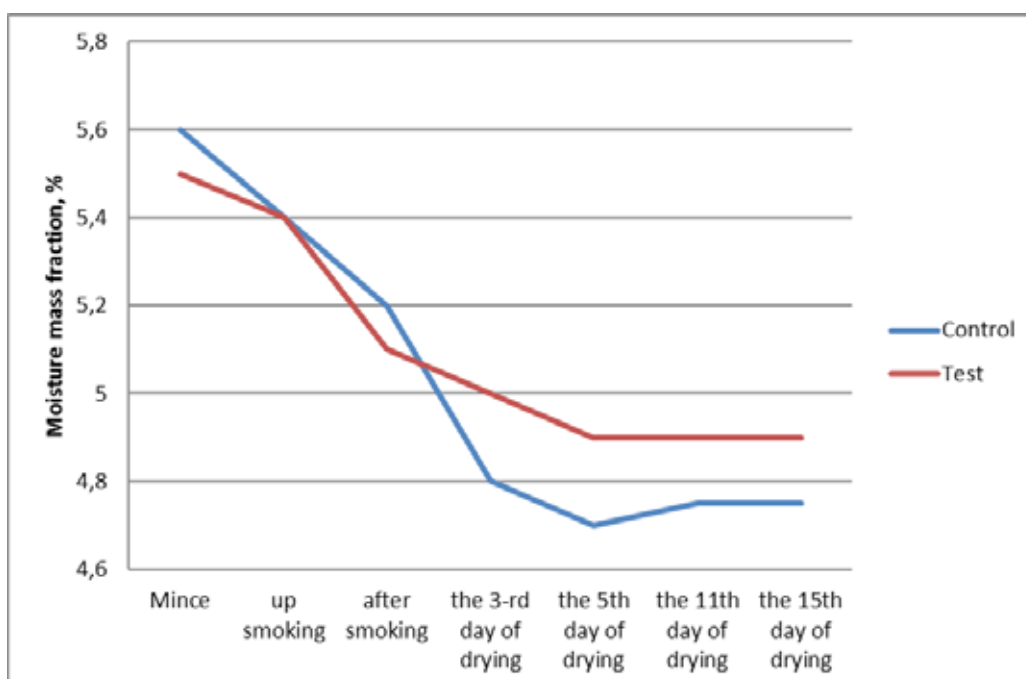
Name of raw materials	Control	Test
Raw materials, kg (per 100 kg of raw materials)		
Trimmed beef of high grade	40	40
Trimmed pork semi fat	35	35
Salted pork fat backbone, side	25	25
Total:	100	100
Spices and materials, g (per 100 kg of unsalted raw materials)		
Edible salt	3200	3200
The color fixator sodium nitrite	10	10
Sugar	500	500
Cardamom or nutmeg	50	50
Black or white pepper ground	150	150
Fragrant pepper ground	50	50
Dextrose	400	400
The starter culture Альми 2	20	15
Output of the finished product %	64,0	64,0



Picture 1. The change of the pH value during the summer sausage low temperature treating, smoking and drying

a slow shift of the pH value to the acid side takes place. Approaching the mince pH value to the isoelectric point decrease the water binding capacity that in its turn increase the moisture evaporation in the environment.

The analysis of picture 2 shows that moisture evaporation increases during the smoking stage of all sample lots. But the pilot sample lot has a more intense moisture loss. The moisture diffusion from the center to the outer layers of



Picture 2. The mass fracture of moisture depending on drying period

Table 2. Quantitative change of summer sausage micro-flora during the processing

The research period	Micro-flora amount of QMAFAnM CFU/g of product	
	Control	Pilot
Mince after composing	$3,3 \times 10^5$	$2,1 \times 10^6$
Before smoking	$3,5 \times 10^5$	$2,4 \times 10^6$
After smoking	$1,2 \times 10^6$	$9,0 \times 10^5$
On the 3d day of drying	$8,1 \times 10^5$	$1,0 \times 10^5$
On the 5th day of drying	$9,3 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
On the 11th day of drying	$5,1 \times 10^3$	$4,0 \times 10^2$
On the 15th day of drying	$8,4 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

sausage takes place more intensively in case of preserving micro-pores in the mince.

The micro-flora growth of summer sausage from the mince composition to the finished product is given in table 2.

The intensive growth of summer sausage micro-flora of the pilot sample lot is conditioned by the preliminary activation of the starter cultures with low frequencies of the electro-magnetic field where the main part of the micro-flora is introduced starter cultures. The intensive development of the

starter micro-flora leads to the intensive lactic acid formation and decrease of the mince pH value and at the same time the intensive development of the starter cultures inhibits the pathogens micro-flora development. It is very important at accelerated sausage ripening.

It has been detected that applying the low frequencies of the electro-magnetic field the length of the technological summer sausage produce the process is reduced by 7 days and is only 14 days, the organoleptic indices and consistency improve.

#### References:

1. Омаров Р.С., Сычева О.В. Основы рационального питания. М. Берлин, 2014
2. Основы современных аспектов технологии мясопродуктов: монография / Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Храмова В. Н., Селезнева Е. А.; ВолгГТУ, ГНУ Поволжский НИИ мясомолочной продукции РАСХН. — Волгоград, 2013. — 83 с.
3. Щедрина Т.В., Садовой В.В., Трубина И.А. Метод оценки качества и безопасности рецептурного состава пищевых продуктов//В сборнике: Современная наука. Новые перспективы Сборник научных докладов. Sp. z o. o. «Diamond trading tour». Warszawa, 2014. с. 23–26.
4. Кенийз Н.В. Технология производства сырокопченых колбас с применением ускорителей / Н.В. Кенийз, А.А. Нестеренко, Д.К. Нагарокова // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2015. — № 01 (105). с. 581–608. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/33.pdf>
5. Nesterenko A.A. Biological assessment of summer sausage with preprocessing for starter cultures and meat raw by electromagnetic field of low frequencies / A.A. Nesterenko, N.V. Kenijz, S.N. Shlykov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. — № 7 (1) — P. 1214–1220.
6. Сарбатова Н.Ю. Особенности производства сырокопченых колбас / Н.Ю. Сарбатова, К.Ю. Шебела // Молодой ученый. — 2015. — № 5–1 (85). — с. 43–46.
7. Сложенкина, М.И. Разработка технологии мясных изделий с использованием растительных белково-углеводных комплексов и биологически активных веществ: учебное пособие / М.И. Сложенкина, И.Ф. Горлов. — Волгоград, 2015. — 72 с.
8. Шебела К.Ю. Применение электромагнитной активации стартовых культур в технологии производства сырокопченых колбас / К.Ю. Шебела, Н.Ю. Сарбатова // Инновационная наука. — 2015. Т. 2. № 5 (5). — с. 149–152.
9. Шебела, К. Ю. Ускорение роста стартовых культур в технологии производства сырокопченых колбас / К. Ю. Шебела, Н. Ю. Сарбатова // Роль науки в развитии общества: сб. науч. работ / Аэтерна. — Уфа, 2015. — с. 49–54.

## Микрокристаллическая целлюлоза — заменитель жира

Вильц Кристина Рудольфовна, студент;

Коршунова Яна Михайловна, студент;

Свиридович Алёна Павловна, студент;

Нестеренко Антон Алексеевич, кандидат технических наук, доцент

Кубанский государственный аграрный университет

При разработке норм физиологических потребностей человека в пищевых веществах и энергии одним из критичных факторов явился размер энергетических затрат.

Энергозатраты организма человека — совокупность затрат энергии на основной обмен, расхода энергии на специфически-динамическое действие пищи и энергии, затрачиваемой на выполнение физической и умственной работы.

Расход энергии на основной обмен и специфически-динамическое действие пищи не могут регулироваться волей человека и потому его принято относить к нерегулируемым затратам энергии. Затраты энергии на трудовую деятельность, занятия спортом и другие виды физической нагрузки зависят от условий и воли человека и могут сознательно увеличиваться или уменьшаться до значительных пределов. Эти энергозатраты принято называть регулируемые [1, с. 5, 2, с. 6].

Основной обмен — это энергия, которая затрачивается на работу внутренних органов и жизнеобеспечивающих систем организма. Величина энергии основного обмена определяется в состоянии мышечного и нервного покоя, лежа на боку в удобном положении при комфортной температуре воздуха (20 °С), натощак (последний прием пищи за 14–16 ч.). Энергия основного обмена человека индивидуальна и, в то же время, является достаточно постоянной величиной 1700 ккал (7112,8 кДж) для мужчин и 1400 ккал (5857,6 кДж) для женщин со средней массой тела [1, с. 5, 2, с. 6].

На величину основного обмена оказывают влияние пол и возраст человека. У женщин основной обмен на 5–10% ниже, чем у мужчин. У детей основной обмен выше, чем у взрослых, и тем в большей степени, чем меньше возраст. Превышение основного обмена веществ у детей может достигать 15% и более по сравнению с взрослыми. У пожилых людей, наоборот, основной обмен понижен на 10–15% по сравнению с молодыми [3, с. 1127, 4, с. 20].

На сегодняшний день питание населения является не сбалансированным и содержит слишком большое количество калорий. Для достижения увеличения полезных свойств продукта изготовители прибегают к самым различным способам, например, удаляют из продукта высокожирные компоненты и заменяют их низкокалорийными ингредиентами или же добавляют пищевые волокна, которые не растворяются и не всасываются организмом человека, что позволяет улучшить работу кишечника. Так,

объединить это позволяет микрокристаллическая целлюлоза высокого качества Вивапур, которая как снижает калорийность пищевого продукта, так и является тем самым «балластным» веществом, которое не всасывается в организме человека.

Микрокристаллическая целлюлоза Вивапур — натуральный продукт, представляющий собой смесь микрокристаллической целлюлозы с модифицированной целлюлозой. Главное отличие Вивапур от имеющихся аналогов заключается в том, что он обладает комплексными функциональными свойствами и одновременно проявляет себя как стабилизатор, загуститель и гелеобразователь.

Внешне микрокристаллическая целлюлоза представляет собой белый сыпучий порошок без явных признаков выраженного запаха. Получают эту пищевую добавку из частей растений, которые уже одеревенели и содержат достаточное количество растительных волокон.

Как добавку Вивапур применяют в различных отраслях пищевой промышленности, а именно в таких продуктах питания как творог, сметана, колбасные изделия, полуфабрикаты, хлебобулочные изделия, паштеты, хлебобулочные изделия и желе.

Одним из основных и самых главных функциональных свойств Вивапур является прочное связывание и удержание воды в пищевых продуктах.

Вивапур используется с целью замены дорогостоящего мясного сырья (полужирной и жирной свинины), а также жирсырья, но не шпика, который формирует структуру. Его также используют при производстве майонезов, соусов, кетчупов, плавленых сыров, творожных начинок и молочных продуктов.

В отличие от известных загустителей, которые связывают воду менее эффективными химическими связями, у Вивапур это происходит физическим способом. Поэтому коллоидальная структура этих гелей отличается от обычных гелеобразных загустителей, благодаря чему гарантируется полное отсутствие уплотнения и сжатия, а пищевые массы приобретают необходимые вязко-пластичные свойства [5, с. 98,].

Микрокристаллическая целлюлоза используется не просто как наполнитель, а как многофункциональная добавка, которая решает многие технологические задачи. Ее использование позволяет повысить выход готовой продукции, уменьшить потери массы, улучшить консистенцию, при этом конечный продукт обогащается необходимыми балластными веществами, а также, что немало важно для производства, снижает стоимость.



Таблица 1. Функционально-технологические и физико-химические свойства геля

Микрокристаллическая целлюлоза (МСС)	85–91%
Натриевая карбоксиметиловая целлюлоза (СМС)	9–15%
Влага	макс. 8%
Зола	макс. 5%
Уровень pH (1,2% водная суспензия при 20° С)	6–8
Тяжелые металлы	макс. 10 промилле
Насыпной вес	360–600 г/л
Сенсорные свойства геля:	
Внешний вид/цвет	беломолочный
Вкус/запах	нейтральный
Текстура (в зависимости от концентрации)	от вязкой до плотной

Микрокристаллическая целлюлоза обладает высокой влагосвязывающей и влагоудерживающей способностью, благодаря чему значительно улучшают консистенцию и сочность готового продукта, даже если убрать часть животного или растительного жира.

При растворении в воде и под действием перемешивания в куттере, блендере или гомогенизаторе образуется белый гель, который обладает вязкими свойствами, при нагревании становится текучим как жир, а при снижении температуры вновь загустевает.

Вивапур можно использовать как заменитель жира и стабилизирующей агент. Функционально-технологические и физико-химические свойства геля представлены в таблице 1.

Использование пищевой добавки Вивапур в пищевой промышленности обуславливается его положительными качествами:

— не имеет добавок с индексом Е;

— не придает готовому продукту посторонних вкусов и запахов;

— цвет и консистенция похожа на натуральный животный жир;

— имеет высокую влагосвязывающую способность;

— позволяет снизить себестоимость продукта.

Даже если учитывать полезные свойства, которые имеет животный жир, например такие как:

— имеет незаменимые жирные кислоты;

—  $\Omega$ -3-жирную кислоту;

— как основа витаминов;

Устраняя избыток питательной ценности готовых изделий, пищевая добавка нормализует обменные процессы организма и способствует снижению вероятного возникновения новообразований.

В настоящее время пищевая промышленность развита очень сильно, поэтому она требует применения высокоэффективных, экономически выгодных и простых ingredi-



Рис. 1. Гидратированный Вивапур в куттере

ентов, таких как загустители, заменители жира или стабилизаторы. Продукты на основе натурального сырья имеют огромное преимущество и помогают производить более выгодные продукты, которые будут удовлетворять как потребности людей, так и удовлетворять требования изготовителей. Так же благодаря тому, что добавка Вивапур относится к семейству целлюлозы, она прекрасно вписывается в ассортимент пищевых продуктов питания [6, с. 84, 7, с. 292].

В результате, применяя данный заменитель жира, мы получаем продукт без вредных свойств, которые содержит натуральный животный жир, имеющий положительные органолептические показатели, без содержания холестерина. Благодаря высокой влагосвязывающей способности геля способствует большему выходу готовой продукции.

Для производства колбасной продукции Вивапур предпочтительно гидратируют водой в куттере на малых обо-

ротах ножа в соотношении 1: 9 (Вивапур: вода) (Рис. 1). При этом получается маэобразный гель по функционально-технологическим свойствам схожий с свиным жиром. Замена жирного сырья составляет до 10%.

Продукт с добавлением Вивапур можно использовать в функциональном питании для спортсменов, людей с сердечно-сосудистыми заболеваниями и страдающих ожирением, так как мы снижаем содержание животных жиров, которые не нужны этим категориям населения, и общую калорийность готового продукта, оставляя при этом в том же количестве белки и углеводы. Так же преимущества Вивапур перед животным жиром могут оказать положительное влияние для массового производства мясных и молочных изделий. Это объясняется тем, что добавляя Вивапур в промышленных масштабах снижается себестоимость готового продукта, так как он дешевле, чем основное сырье.

#### Литература:

1. Решетняк, А. И. Разработка технологии консервированных продуктов на мясорастительной основе для питания людей, занятых тяжелым физическим трудом: дис.... канд. техн. наук: 05.18.01, 05.18.04 / Решетняк Александр Иванович. — Краснодар, 2004. — 235 с.
2. Nesterenko, A. A. Biological assessment of summer sausage with preprocessing for starter cultures and meat raw by electromagnetic field of low frequencies / A. A. Nesterenko, N. V. Kenijz, S. N. Shlykov // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. — № 7 (1) — P. 1214–1220.
3. Нестеренко, А. А. Использование комплексных смесей для производства колбас / А. А. Нестеренко, Н. В. Кенийз, Д. С. Шхалахов // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2014. — № 08 (102). с. 1127–1148. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/08/pdf/72.pdf>.
4. Трубина, И. А. Разработка технологий мясopодуKтов функциональной направленности с модифицированными пищевыми добавками. Диссертация на соискание ученой степени к. т. н.: 05.18.04.: защищена 2009 / Ставрополь: СевКавГТУ
5. Бажина, К. А. Маркетинговые исследования рынка колбасных изделий / К. А. Бажина, О. В. Зинина // Научные труды SWorld. — 2015. — Т. 12. № 1 (38). — с. 97–101.
6. Современные требования к безопасности мясных изделий / Нуштаева А. И., Губер Н. Б., Ребезов Я. М., Раков М. О., Полтавская Ю. А. // Молодой ученый. — 2014. — № 11. — с. 83–86.
7. Нестеренко, А. А. Прогнозирование реологических характеристик колбас / А. А. Нестеренко, Н. В. Кенийз, Д. К. Нагарокова // Науч. журн. КубГАУ [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2015. — № 03 (107). с. 289–301. — IDA [article ID]: 1071503019. — Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/03/pdf/19.pdf>, 0,812 у. п. л.

## Применение пневматической перемычки на р. «Интернациональный»

Гаврильев Алексей Макарович, студент  
Северо-Восточный федеральный университет имени М. К. Аммосова

После отработки каждой очистной ленты производится подготовка ее к приему закладочной смеси. Для формирования закладочного массива в отработанной ленте и предохранения горных выработок от проникновения закладки, возводят закладочные перемычки, которые должны выдерживать давление закладочной смеси.

На данный момент в руднике «Интернациональный» применяются бетонные перемычки (рис. 1), которые требуют больших дополнительных работ и не выдерживают закладочный массив, подвергаются сильным деформациям, вплоть до разрушения в некоторых местах.

Способ возведения закладочной перемычки в горной выработке, включающий установку друг на друга литых шлакоблоков по всему сечению закладываемой выработки. В качестве литых шлакоблоков используют прямоугольные призмы одинаковых размеров. Закладочную перемычку возводят горизонтальными слоями, затем устанавливают упорные стойки, исключая перемещение шлакоблоков под воздействием закладочного массива.

Недостатки:

— Ненадежность конструкции при значительных нагрузках на перемычку.

— Требуется большое количество времени на возведение (время возведения перемычки звеном из 4 человек/см — 4 см [1]);

— Большие затраты на используемые материалы.

Предлагается заменить бетонные перемычки на пневматические (рис. 2, рис. 3). Пневматические перемычки представляют собой емкости (мягкие оболочки), сшитые или склеенные из водонепроницаемых тканей или пленок, внутри которых поддерживается избыточное давление воздуха.

Мягкая оболочка состоит из покрышки и камеры со штуцером, имеет цилиндрическую форму со сферическими торцами. Покрышка изготавливается из капронового рукава СТН, а камера из полиэстера. Несущие стойки и распорки — металлические. Пневматическая система поддерживает давление и заполняет мягкие оболочки сжатым воздухом. Мягкие оболочки крепятся на несущих и боковых стойках.

Достоинства пневматических перемычек:

— сокращение объема работ в 4–10 раз и повышение производительности;

— сокращение расхода материалов, таких как бетон и лес;

— Трудоемкость монтажа перемычки составляет примерно 4 чел/см, время возведения 1–2 часа;

— улучшение условия труда;

— неоднократное использование.

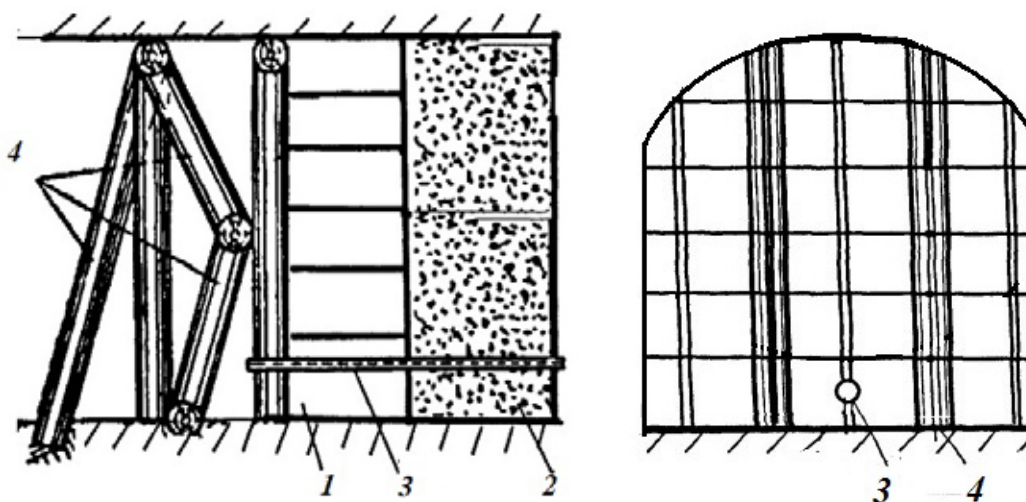


Рис. 1. Бетонная перемычка: 1 — Шлакоблоки; 2 — Закладочный массив; 3 — Дренажная труба; 4 — Деревянные стойки

Конструкции предлагаемых пневматических перемычек:

Конструкция № 1

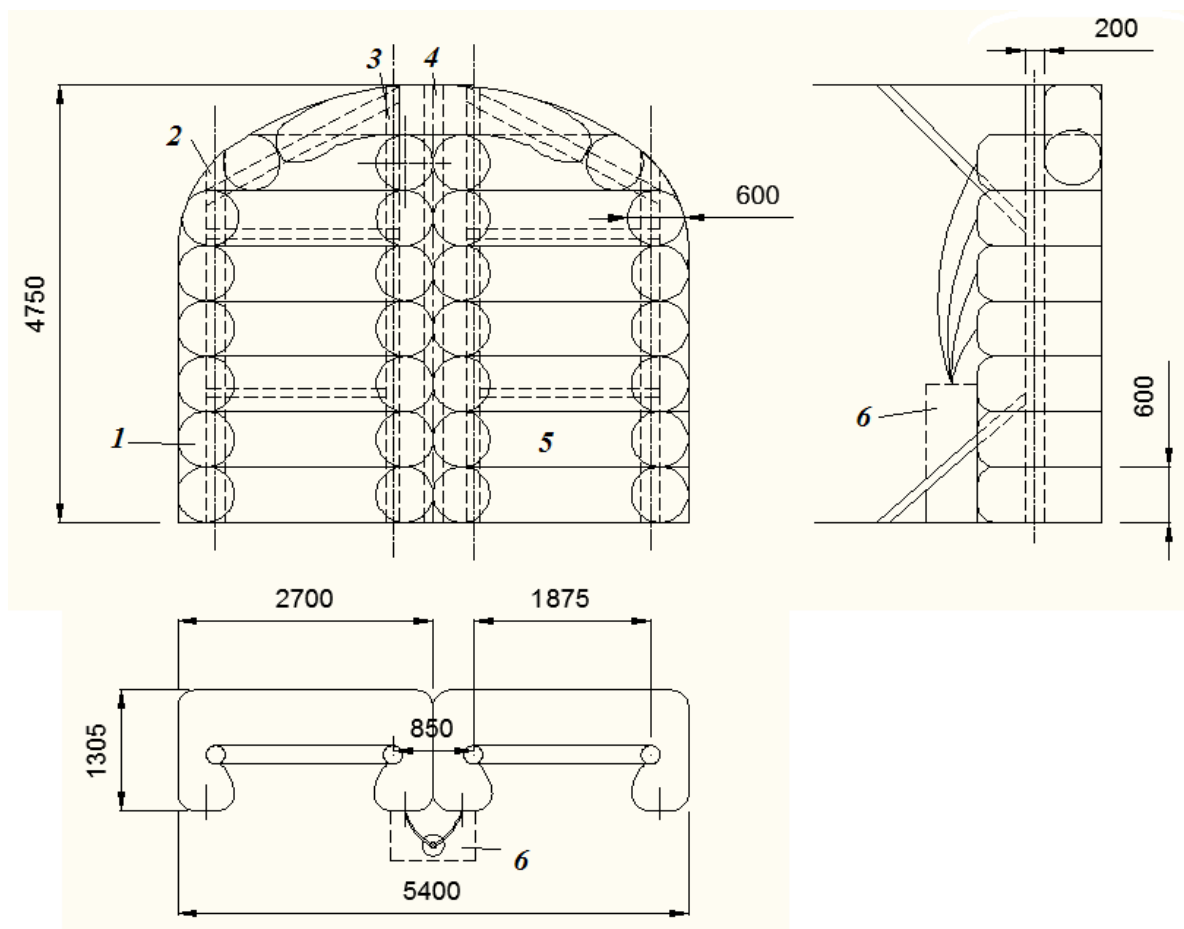


Рис. 2. Схема применения пневматической перемычки № 1 на р. «Интернациональный».  
 Конструкция: 1 — Мягкие оболочки; 2 — Боковые стойки; 3 — Несущие стойки;  
 4 — Воздухораспределительная стойка; 5 — Распорки; 6 — Пневмосистема

Таблица 1. Характеристики перемычки № 1

Сечение, м <sup>2</sup>	8÷26
Высота (одной оболочки), м	0,6
Диаметр (одной оболочки), м	0,6
Длина (одной оболочки), м	3,2
Давление сжатого воздуха, МПа	0,1÷0,2
Поддержание сжатого воздуха	Автоматическое

## Конструкция № 2

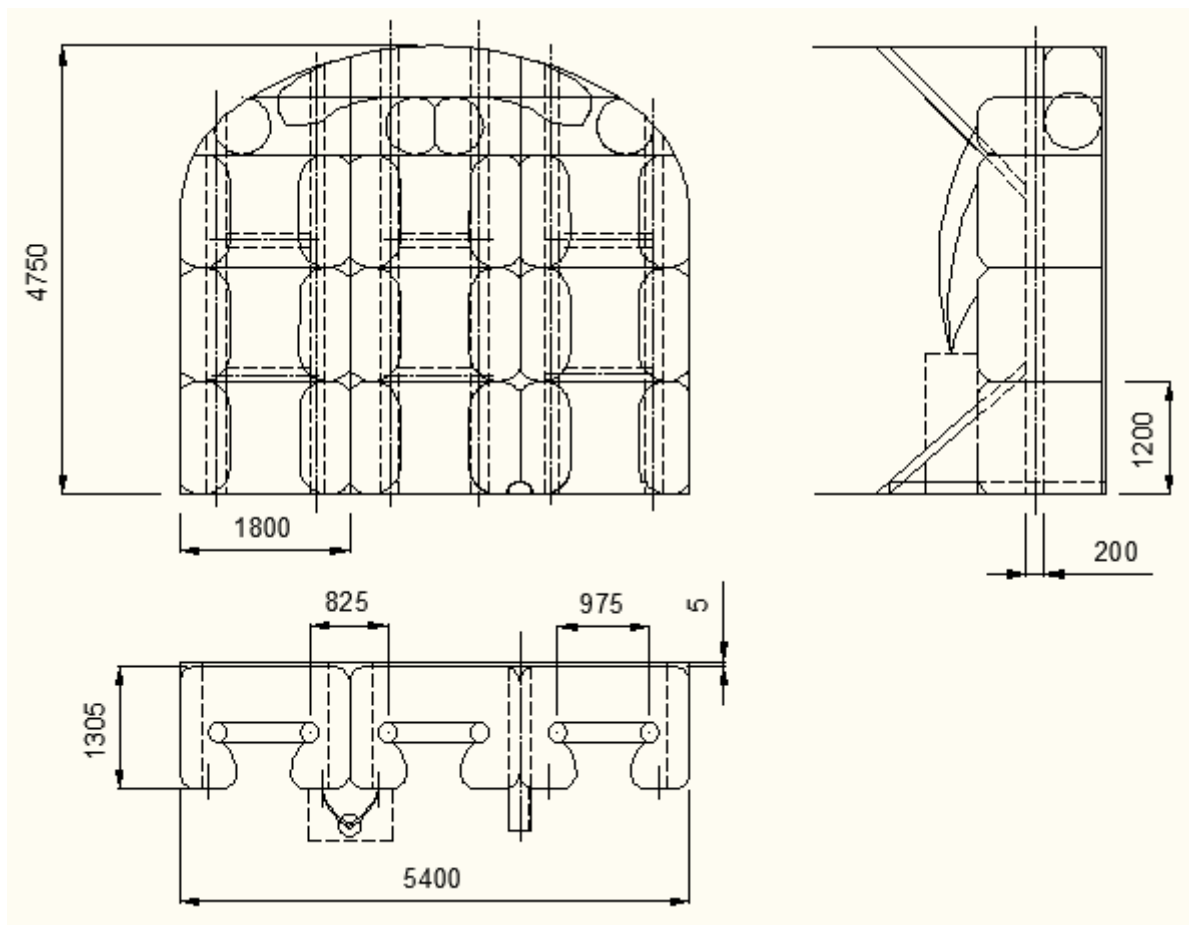


Рис. 3. Схема применения пневматической перемычки № 2 на р. «Интернациональный». Конструкция: 1 — Мягкие оболочки; 2 — Боковые стойки; 3 — Несущие стойки; 4 — Воздухораспределительная стойка; 5 — Распорки; 6 — Пневмосистема; 7 — Дренажная труба; 8 — Чехол для перемычки

Таблица 2. Характеристики перемычки № 2

Сечение, м <sup>2</sup>	10÷26
Высота (большой оболочки), м	1,2
Длина (большой оболочки), м	2,5
Высота (малой оболочки), м	0,6
Диаметр (малой оболочки), м	0,6
Длина (малой оболочки), м	3,2
Давление сжатого воздуха, МПа	0,1÷0,2
Поддержание сжатого воздуха	Автоматическое

Конструкция № 2 была усилена с помощью дополнительных стоек и для уменьшения количества мягких оболочек была изменена форма, но увеличивается время на возведение.

#### Прочность конструкции

Для испытания перемычки были проведены испытания на поверхности. Целью испытаний являлось установление работоспособности при ее нагрузке давлением 0,1 МПа (0,1 МПа давление равно при плотности закладочной

смеси 2 т/м<sup>3</sup>), что соответствует высоте слоя закладки — 5 м. Испытания прошли успешно. Затем, подали нагрузку давлением 0,2 МПа, что немного деформировало несущие стойки. Было решено усилить стойки. После усиления стоек испытания были продолжены перемычка выдержало давление 0,25 МПа [2]. Обе стойки выдержат давление закладочной смеси, используемой в р-ке «Интернациональный», поскольку плотность смеси составляет 1,8 т/м<sup>3</sup> [3], следовательно давление на перемычку составляет 0,1–0,15 МПа.



### Чехол для контролирования дренажа воды

Поскольку недостатком пневматических перемычек является негерметичность, был придуман специальный

чехол с дренажной трубой, для контроля дренажа воды. Который, является еще и защитной пленкой для мягких оболочек.

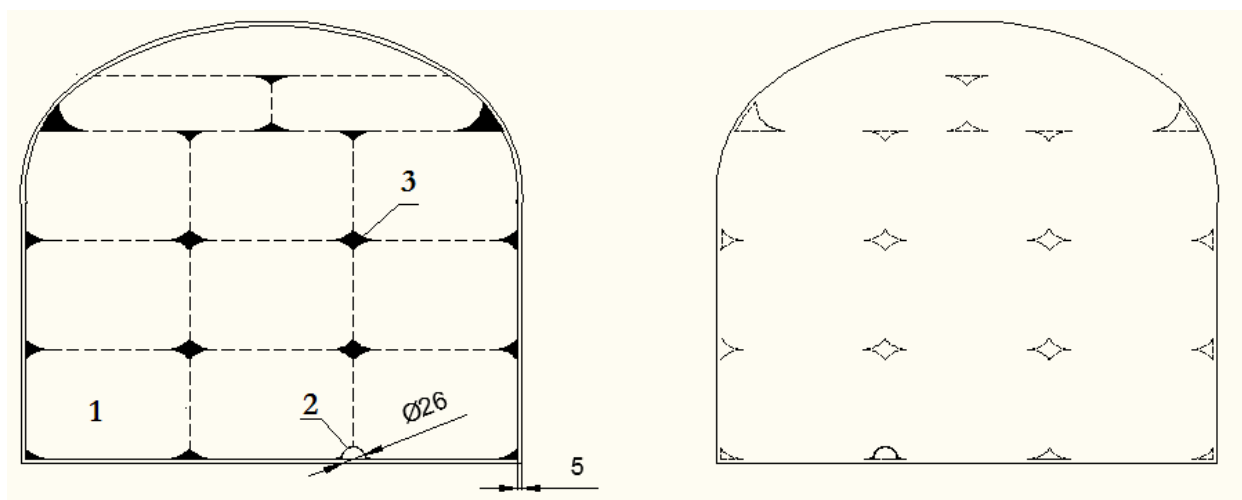


Рис. 4. Чехол для пневматической перемычки № 2. 1 — Место для мягкой оболочки; 2 — Дренажная труба; 3 — Прорезиненный наполнитель

Литература:

1. Проект ВЕ № 2 ЭБ № 10 рудника Интернациональный за 2013 г.
2. Декларационный патент 39483А, Украина, Е21А17/103 — Перемычка для перекрытия горных выработок / В.С. Рахутин — 20000952000.
3. Технология рудник «Интернациональный» том 5.7.2.2

## Технологические приемы изготовления дисперсно-армированного мелкозернистого бетона на основе базальтовых волокон

Гуцкалов Илья Игоревич, магистрант;  
Литовченко Вадим Владимирович, магистрант;  
Зулкарнеев Гафур Сулпанович, магистрант;  
Медведев Андрей Дмитриевич, магистрант  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*Проведены исследования по определению прочности дисперсно-армированного фиброй мелкозернистого бетона в зависимости от способа перемешивания, которое осуществляли в лопастном или бегунковом растворосмесителе. В качестве армирующего волокна применяли базальтовую фибру, содержание которой варьировали от 0,25 до 1% по объёму, сравнивая результаты с контрольными образцами без армирующих добавок. Анализ кривых прочности при изгибе и сжатии позволил подобрать оптимальные технологические методы перемешивания с точки зрения ориентации распределения и объемного содержания волокон.*

Использование волокон органического происхождения в качестве армирующего компонента в бетоне в значительной мере влияет на процесс появления усадочных трещин и раскрытия трещин на этапе эксплуатации конструкции, а также на восприятие изгибающих и растягивающих усилий. Существующие нормативные документы [13, 14, 15] и государственные стандарты в России,

относящиеся к технологии приготовления и методикам испытания фибробетонной смеси, не распространяются на применение тонких базальтовых волокон.

В связи с чем возникает потребность организации технологии получения качественного дисперсно-армированного органическими волокнами бетон [2]. Наиболее важным параметром, во многом определяющим физи-

ко-механические свойства фибробетона, является равномерность распределения по объему и ориентация волокон [3–5]. Максимальная прочность на изгиб и растяжение характерна для фибробетонов с параллельной ориентацией волокон. Дисперсность распределения фибры в бетоне при параллельной ориентации может достигаться специальными технологическими приемами перемешивания и ввода волокон.

Существует много типов фибровой арматуры для бетона из различных материалов и с различной геометрией формы. Экологически-чистое производство базальтовых волокон и их высокие адгезионные свойства обуславливают рост интереса к этому типу волокон на протяжении 3-х последних десятилетий [6]. Базальтовые и полиакрилонитрильные волокна относятся к первому гидролитическому классу и по кислото-, щелоче- и пароустойчивости превосходят стеклянные [7], поэтому не подвергаются воздействию агрессивной среды цементного вяжущего.

Целью данной работы является определение рациональных технологических приемов изготовления бетонов, дисперсно-армированных тонкими базальтовыми волокнами, равномерно распределенными по объему.

### Литературный обзор

Главная проблема получения фибробетона с равномерно распределенными волокнами по объему — образование сгустков волокон. В последнее десятилетие решением этой проблемы занимается много учёных как в России, так и за рубежом [9].

Анализ научных работ по оптимизации технологии изготовления фибробетона позволяет сделать вывод о том, что проблему образования сгустков волокон пытаются решить посредством двух подходов: использования методов отдельного перемешивания компонентов фибробетона, применения устройств для ввода фибры, а также бетоносмесителей специального типа.

В работе [8] выявлено, что максимальный прирост прочности базальтофибробетона получен при введении волокон в частично затворенную водой смесь (40% от проектного количества воды затворения) при скорости перемешивания смеси 400 об/мин в лопастном растворосмесителе. Результаты работы [12] показывают, что наиболее оптимальная технология для получения фибробетона армированного мелкорезанными углеродными волокнами основана на введении углеродных волокон в среде водного раствора добавки суперпластификатора на основе эфиров карбоксилатов в частично затворенную водой смесь (40% от проектного количества воды затворения).

Авторами работ [10, 11] предлагается использовать конвейерную и челночную технологию изготовления фибробетона, суть которых заключается в раздельном послойном смешивании компонентов фибробетона внутри опалубки изготавливаемого элемента. Различие рассматриваемых технологий в том, что в случае конвейерной технологии опалубка движется по конвейеру вдоль не-

скольких неподвижных постов с установленным по обе стороны от линии движения оборудованием, поочередно вводящем компоненты в смесь. В случае челночной технологии по направленным вдоль неподвижной опалубки салазкам движутся каретки, подающие бетонную смесь и волокна. В работе [2] установлено, что прочность фибробетона зависит от способа приготовления, наилучшие прочностные характеристики показали образцы, приготовленные в смесителе с гибким корпусом, а использование гравитационного смесителя не обеспечивает получения качественной однородной смеси.

Существующие нормы и правила [13] распространяются на проектирование конструкций и изделий из фибробетона на основе стальных и стеклянных волокон, а также технологии и методы изготовления фибробетонных конструкций. На сегодняшний день нет нормативных документов и государственных стандартов, определяющих подбор составов базальтофибробетона и методик проведения прочностных испытаний образцов. Государственными стандартами [14] и [15] допускается применять, соответственно, бегунковый и лопастной растворосмеситель для перемешивания цементного раствора.

Принципиальная схема бегункового растворосмесителя представлена на рис. 1. Во вращающуюся со скоростью 8 об/мин вокруг вертикальной оси (3) чашу (1), укладывается предварительно затворенная песчано-цементная смесь. Над донной частью чаши с зазором для смеси расположен валик мешалки (2) массой 21,5 кг, вращающийся со скоростью 64 об/мин вокруг горизонтальной оси (4). На оси перпендикулярной к оси бегунка и образующей с ней горизонтальную плоскость расположены лопатки, ориентированные так, чтобы перемешивать налившуюся на чашу смесь после прохождения под бегунком. В процессе смешивания чаша совершала 60 оборотов.

Предполагается, что фибра в бетоне распределяется по объёму, приобретая плоско-произвольную ориентацию, за счёт прохождения фибробетонной смеси под тяжелым валиком бегунковой мешалки, вращающимся со скоростью большей скорости вращения чаши.

Лопастной смеситель состоит из чаши круглого сечения, внутри которой установлена лопасть. Вертикальная ось вращения лопасти совершает планетарное вращение вокруг оси чаши, так чтобы при перемешивании охватить как можно больший объём смеси. Лопасть имеет отверстия для более тщательного перемешивания (рис. 2). Фибру, как и в первом случае, вводили в процессе смешивания. Оба типа растворосмесителей циклического действия.

Технология производства базальтовых волокон основана на рубке базальтового ровинга, получаемого на вытягивании базальтового расплава через фильеры плавильного сосуда с получением комплексной нити с заданным числом сложений. При выработке ровинга, для объединения комплексных нитей после процесса вытяжки используется замазливатель, который способствует сли-

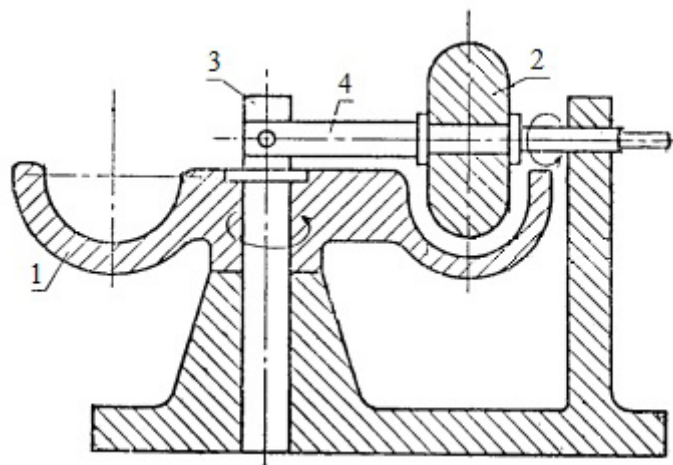


Рис. 1. Принципиальная схема бегунковой растворомешалки;  
1 — чаша, 2 — валик, 3 — ось чаши, 4 — ось бегунка

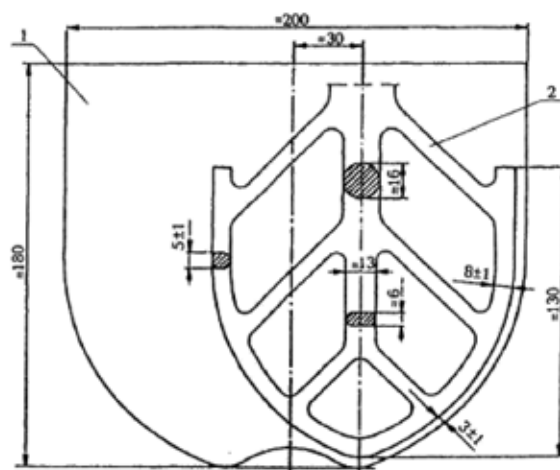


Рис. 2. Принципиальная схема лопасти и чаши лопастного растворосмесителя

панию базальтовых непрерывных нитей и волокон [6]. Образовавшиеся сгустки требуют дополнительных операций по разделению волокон перед добавлением в цементную смесь.

Таким образом, можно выделить основные задачи работы: определение оптимальной дозировки базальтовых волокон и разработка технологии изготовления базальто-фибробетона с равномерно распределенными по объёму волокнами.

#### Методика проведения испытаний

Для изготовления образцов использовались: порландцемент ЦЕМ I-42,5Н производства ЗАО «Липецкцемент», в качестве мелкого заполнителя — строительный песок с модулем крупности не более 2,5 мм. В качестве армирующей фибры использовали базальтовые волокна БС 16–12,7 (1/2») р-КВ-05/1.

Для получения фибробетонной смеси использовали методику с перемешиванием в бегунковой и лопастной растворомешалке. При использовании бегунковой растворомешалки базальтовую фибру вводили постепенно в предварительно затворённую ручным способом и уложенную в чашу растворомешалки цементно-песчаную смесь на протяжении всего цикла перемешивания, ориентируя их параллельно с помощью установленной в чаше решётки в виде параллельно расположенных с шагом 20 мм отрезков стального листа толщиной 1 мм и шириной 20 мм, так чтобы фибробетонная смесь могла свободно проходить через неё. Укладку в опалубочные формы производили так чтобы фибры была направлена вдоль длиннейшей грани. При перемешивании в лопастной растворомешалке (обозначение Л) фибру порционно вводили в чашу растворосмесителя. Пучки базальтовых волокон перед процессом введения расщепляли без применения специальных расщепляющих устройств. Таким образом,

планировалось учесть факторы влияния способа смешивания и ориентации волокон.

Для изучения прочности на изгиб и сжатие изготавливали образцы-балочки с размерами 40x40x160 мм, которые хранились в нормальных условиях. Образцы изготавливались с четырьмя вариантами содержания фибры в объеме бетона: 0,1%; 0,25%; 0,5%, 1%. Также были изготовлены песчано-цементные образцы для контрольного анализа. На каждый состав изготавливалось по 3 образца для двух типов в возрасте 7 и 28 суток. Всего было изготовлено 60 образцов для проведения испытаний. Ме-

тодика испытаний образцов соответствовала требованиям [16]. Образцы-балочки испытывались на изгиб. Половинки образцов полученные после испытаний на изгиб испытывались на сжатие.

Состав цементно-песчаной смеси для изготовления образцов характеризуется соотношением Ц: П=1:2. Изменение объемного содержания фибры в образцах влияет на водопотребность смеси. С увеличением объемного содержания фибры увеличивается и водоцементное отношение.

Составы фибробетонных образцов приведены в табл. 1.

Таблица 1. Составы фиброцементных образцов на основе базальтовой фибры

Способ смешивания	Б					Л				
	0	0,1	0,25	0,5	1	0	0,1	0,25	0,5	1
Объемное содержание фибры, %										
Ц, кг/м <sup>3</sup>	688,8	697,7	687,1	676,0	654,8	688,8	697,7	687,1	676,0	654,8
В, кг/м <sup>3</sup>	248,0	237,2	247,3	256,9	275,0	248,0	237,2	247,3	256,9	275,0
П, кг/м <sup>3</sup>	1377,6	1395,4	1374,1	1352,1	1309,7	1377,6	1395,4	1374,1	1352,1	1309,7
Ф, кг/м <sup>3</sup>	0,0	2,9	7,3	14,5	29,0	0,0	2,9	7,3	14,5	29,0
В/Ц	0,36	0,34	0,36	0,38	0,42	0,36	0,34	0,36	0,38	0,42

Таким образом, результаты испытаний одновременно зависят от следующих факторов:

- Метод перемешивания;
- Ориентация фибры;
- Объемное содержание фибры;
- Водоцементное отношение.

### Результаты испытаний

На рис. 3 и рис. 4 приведены графики зависимости предела прочности фибробетона при изгибе и при сжатии от содержания по объему волокон, соответственно.

Из приведённых графиков видно, что максимальный результат при определении предела прочности на изгиб и сжатие получен при введении армирующего волокна в процентном соотношении  $\mu=1$ . По сравнению с контрольными цементно-песчаными образцами добавление 0,1% базальтовой фибры практически не влияет на предел прочности при изгибе. Образцы с объемным содержанием фибры в соотношении  $\mu=0,25$  имеют наименьший предел прочности при изгибе. Увеличение  $\mu$  приводит к возрастанию предела прочности при изгибе и устойчивому снижению предела прочности при сжатии. Это можно объяснить тем что тонкие базальтовые волокна являются низко модульной армирующей добавкой и не способны воспринимать сжимающие усилия при сжатии. Отношение прочности на сжатие к прочности на растяжение при изгибе составляет для оптимального состава содержания фибры  $R_b/R_{bt}=4,8$  для 7-суточного фиброцемента и 5,3 для 28-суточного фиброцемента, изготовленного с применением бегункового растворосмесителя.

Увеличение В/Ц с ростом процентного соотношения содержания волокон по объему тела бетона обусловлено необходимостью обеспечения заданной удобоукладываемости, так как возрастает площадь поверхности соприкосновения арматуры с матрицей, что требует увеличения водопотребности смеси. Как известно, прочность бетона снижается при увеличении В/Ц, что отражают графики 3 и 4. Однако график 3 демонстрирует понижение с дальнейшим возрастанием предела прочности при изгибе.

Очевидно, что доминирующим фактором, влияющим на прочность при изгибе, является содержание армирующих волокон, которые оказывают высокое сопротивление растяжению и перекрывают снижение прочности, вызванное увеличением В/Ц.

График 3 показывает, что наибольшую прочность на изгиб имеют образцы, изготовленные в бегунковом растворосмесителе. Из графика 4 видно, что наибольшая прочность при сжатии показали образцы, изготовленные в лопастном. В возрасте 7-ми суток образцы, изготовленные в бегунковом растворосмесителе, имеют наибольшие показатели пределов прочности при изгибе и сжатии при всех четырех вариантах содержания базальтового волокна. Отсюда можно сделать вывод об эффективности применения решетки для достижения параллельной ориентации волокон в объеме, которая, как известно, целесообразна в конструкциях воспринимающих изгибающую нагрузку. Таким образом посредством использования лопастного растворосмесителя можно получить образцы из базальтофибробетона с высоким значением предела прочности на изгиб.

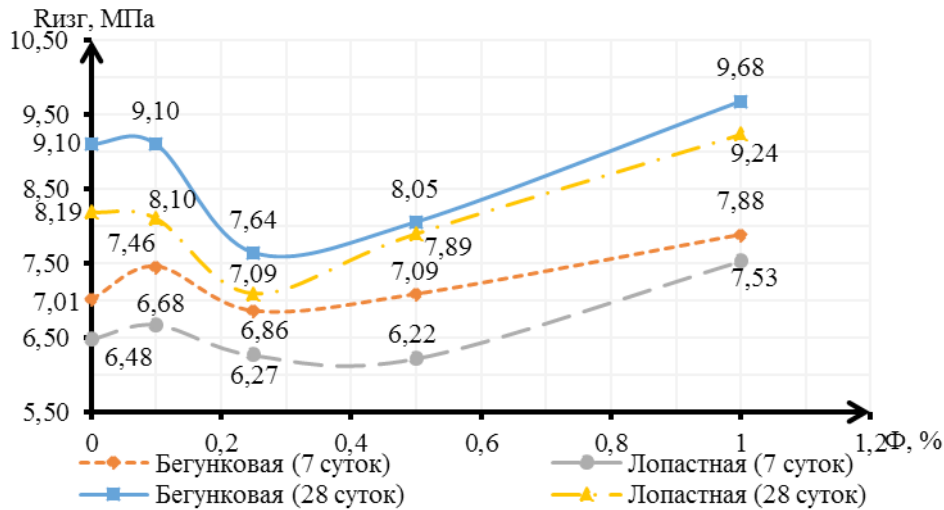


Рис. 3. Влияние объёмного содержания фибры на прочность образцов фибробетона при изгибе

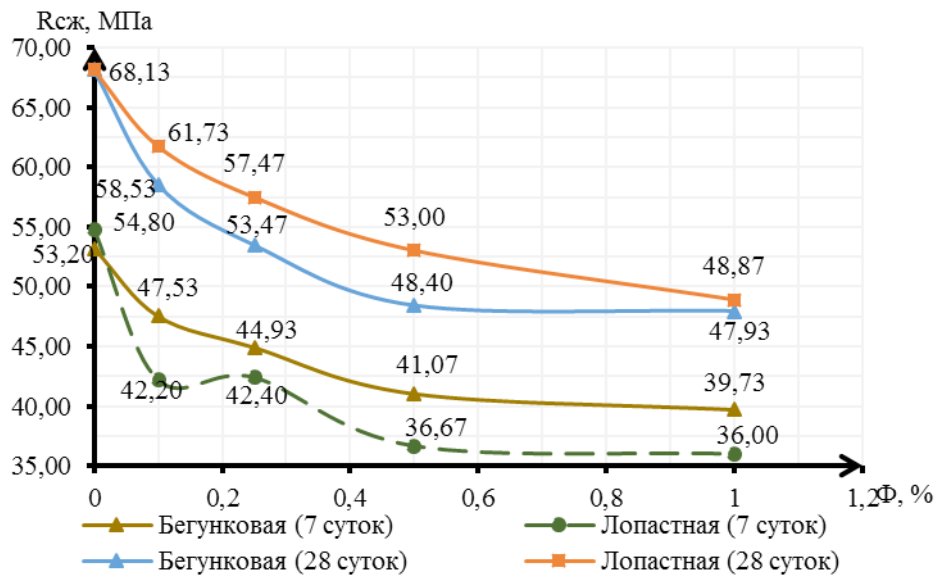


Рис. 4. Влияние объёмного содержания фибры на прочность образцов фибробетона при сжатии

### Заключение

Независимо от механического способа перемешивания с увеличением содержания волокна прочность базальтофибробетона прочность при изгибе после резкого понижения при содержании фибры плавно возрастает. Причем предельная прочность образцов на изгиб, изготовленных посредством бегункового растворосмесителя, выше на 2–12%. В случае прочности при сжатии фактор В/Ц доминирует над фактором процентного содержания армирующего волокна, так как гибкие волокна не в состоянии воспринимать сжимающую нагрузку. Оптимальное процентное соотношение содержания армирующего волокна в базальтофибробетоне  $\mu=1$ .

В процессе работы был опробован принципиально новый тип смешивания фибры и вяжущего в бегунковом растворосмесителе. На основании опытных результатов можно сделать вывод о том, что при содержании армирующего волокна в базальтофибробетоне  $\mu=1$  бегунковый растворосмеситель позволяет обеспечить равномерное распределение и параллельную ориентацию базальтового волокна в объёме бетона. Поэтому при изготовлении базальтофибробетона для достижения параллельной ориентацией волокон рекомендуется перед процессом перемешивания ввести армирующее волокно в цементно-песчаную смесь ручным способом и для перемешивания использовать бегунковый растворосмеситель с устройством, ориентирующим фибру.



## Литература:

1. Ключев, С.В. Высокопрочный фибробетон для промышленного и гражданского строительства // Инженерно-строительный журнал, № 8, 2012 с. 61–66.
2. Мирошниченко, К. К. Влияния технологии перемешивания и состава фибробетона на его долговечность и усадку // Современное промышленное и гражданское строительство, том 8, номер 1, 2012. с. 15–20.
3. Abdulhadi, M. A comparative study of basalt and polypropylene fibers reinforced concrete on compressive and tensile behavior // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). 2014. Vol. 9. N6. P. 295–300.
4. Korsun, V., Vatin, N., Korsun, A., Nemova, D. Physical-mechanical properties of the modified fine-grained concrete subjected to thermal effects up to 200°C (2014) Applied Mechanics and Materials, 633–634, pp. 1013–1017.
5. Morozov, N. M., Viktorovich Borovskich, I., Khozin, V.G. Sand basalt-fiber concrete (2013) World Applied Sciences Journal, 25, (5), pp. 832–838.
6. Рабинович, Ф. Н. Композиты на основе дисперсно-армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции. М., 2004. с. 560.
7. Махова, М. В. Базальтоволокнистые материалы // Обзор ВНИИЭСМ. — М., 1989. 72 с.
8. Кудяков, К. Л., Плевков В. С. Технология изготовления конструкционного бетона с базальтовыми волокнами // 2015
9. Elshekh, A.E. A., Shafiq N., Nuruddin M.F., Fathi A. Evaluation the effectiveness of chopped basalt fiber on the properties of high strength concrete. Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 14. N 10. P. 1073–1077. doi: 10.3923/jas.2014.1073.1077.
10. Маилян, Л. Р. Маилян А. Л. Айвазян Э. С. Конвейерная технология фибробетона с агрегированным распределением фибр и его конструктивные свойства. [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2013, № 3.
11. Маилян, Л. Р., Налимова, А. В., Маилян, А. Л., Айвазян, Э. С. Челночная технология изготовления фибробетона с агрегированным распределением фибр и его конструктивные свойства. [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2011, № 4.
12. Невский, А. В. Микроармирование углеродными волокнами как способ повышения прочностных показателей цементных бетонов // 2015
13. ВСН 56–97. Проектирование и основные положения технологий производства фибробетонных конструкций. [Текст] — Москва: научно-техническое управление НИЦ «Строительство», 1997. — 174 с.
14. ГОСТ 310.4–81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии [Текст]. — Взамен ГОСТ 310.4–76; введ. 21.08.81. — М.: Изд-во стандартов, 2003
15. ГОСТ 30744–2001. Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка. [Текст]. — Введ. 1.03.2002 г. — М.: Изд-во стандартов, 2002.
16. Palanisamy, T., Dineshkumar, G. Performance evaluation and structural behavior of basalt fiber reinforced concrete (2014) International Journal of Earth Sciences and Engineering, 7 (2), pp. 744–749.
17. Barabanschikov, Y., Belyaeva S., Avdeeva A., Perez M. Fiberglass Reinforcement For Concrete // Applied Mechanics and Materials Vols. 725–726 (2015) pp 475–480
18. Barabanschikov, Y., Turkebayev A., Dalabayev A., Tleukhanov D. Influence of Synthetic Fibers Dispersed Reinforced Concrete // Applied Mechanics and Materials Vols. 725–726 (2015) pp 543–558
19. Salih, A. F. M., Shafiq, N., Nuruddin, M. F., Elheber, A., Memon, F. A. Comparison of the effects of different fibers on the properties of self-compacting concrete (2014) Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 7 (16), pp. 3332–3341.
20. Wang, J., Ma, Y., Zhang, Y., Chen, W. Experimental research and analysis on mechanical properties of chopped Basalt fiber reinforced concrete (2014) Gongcheng Lixue/Engineering Mechanics, 31 (SUPPL), pp. 99–102+114.
21. Dong, J. Mechanical properties of basalt fiber reinforced concrete at low cycle impact (2012) Applied Mechanics and Materials, 174–177, pp. 1524–1527.

## Метод и устройство измерения чистоты рабочих поверхностей в ядерной технике

Деулин Евгений Алексеевич, доктор технических наук, профессор;

Арутюнян Зорий Робертович, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

*Чистота и малое газовыделение поверхностей становятся все более важными задачами промышленной индустрии. Уже понятно, что вакуумные технологии накопили потребности изучения процессов обезгаживания, которые подталкиваются задачами ускорительной (ядерной) техники. Понятие чистоты поверхности актуально не только в вакуумных, ядерных, космических, электронных отраслях промышленности, но интересно даже для Международного союза вакуумной науки, техники и применения (IUVSTA), т. к. было выдвинуто основной темой семинара IUVSTA, который состоялся в 2015 г. в городе Chester, UK. На семинаре обсуждались вопросы по уменьшению процессов газовыделения, их измерению и калибровке, а также важность решения задачи — создание устройств для определения чистоты поверхности в оборудовании ядерной техники.*

*Вопрос, поставленный авторами: с помощью современных технических средств измерить количество слоев сорбата на поверхности.*

**Ключевые слова:** динамическое трение, коэффициент чистоты поверхности, молекула, потенциал Леннарда-Джонса, пьезобиморф, сила страгивания, собрат, статическое трение.

Спервого взгляда, такой вопрос кажется абсурдным, т. к. диаметр молекулы ~0.3 нм. Известны средства для измерения профиля поверхности на атомарном уровне AFM (атомно-силовой микроскоп) и STM (сканирующий туннельный микроскоп), но они не позволяют измерять количество слоев сорбата на поверхности. Необходимо найти прикладное решение, позволяющее доступными методами решить поставленную задачу. Таким методом является изменение силы связи молекулы с поверхностью твердого тела, по которой можно судить о характере загрязнения. Чтобы выйти из этой сложной ситуации, достаточно вспомнить потенциалы межмолекулярного взаимодействия, которые позволяют определять энергию взаимодействия молекулы с поверхностью твердого тела. При решении задач, требующих знания потенциалов межмолекулярного взаимодействия, широко используются простые модельные потенциалы с параметрами, находимыми из эксперимента. Простая форма потенциала облегчает аналитическое решение задачи. При этом вид потенциала, как правило, основывается на теоретических представлениях о наиболее важных вкладах для рассматриваемого типа взаимодействий. В последние годы в связи с развитием электронно-вычислительной техники стали использоваться и более сложные потенциалы с большим числом параметров. В работе авторы применили обобщенный парный потенциал Леннарда-Джонса [1]. Наиболее часто используется так называемый потенциал 12-6, записанный в форме

$$u(r) = 4\varepsilon \left[ \left( \frac{\sigma}{r} \right)^{12} - \left( \frac{\sigma}{r} \right)^6 \right] \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  — глубина потенциальной ямы,  $\sigma$  — значение, при котором  $u(r)=0$ .

Согласно атом-атомному приближению [2], для того чтобы рассчитать потенциальную энергию  $U$  межмолеку-

лярного взаимодействия молекулы с твердым телом, необходимо провести суммирование атом-атомных потенциалов межмолекулярного взаимодействия молекулы с атомами твердого тела (рис. 1).

Математически наиболее простые формы потенциала  $U$  получают при замене суммирования парного потенциала на его интегрирование по объему твердого тела. При этом линейный  $\sigma$  и энергетический параметры могут быть найдены с помощью формул Лоренца-Бертлоу

$$\sigma = \frac{1}{2}(\sigma_s + \sigma_f), \quad \varepsilon = \sqrt{\varepsilon_s \varepsilon_f} \quad (2)$$

в которых индекс  $s$  относится к твердому телу, а  $f$  — к адсорбату.

В общем виде потенциал взаимодействия молекулы с твердым телом будет иметь вид

$$U(r) = n \int u(|r|) dV \quad (3)$$

где  $n$  — плотность атомов твердого тела,  $|r|$  — расстояние между адсорбированной молекулой и атомом твердого тела.

Подставляя уравнение (2) в (1,3) и интегрируя выражение (3), получим окончательное выражение для потенциала взаимодействия молекулы с твердым телом

$$U(r) = \frac{2}{3} \pi n \varepsilon \sigma^6 \left[ \frac{2}{15} \frac{\sigma^6}{r^9} - \frac{1}{r^3} \right] \quad (4)$$

Суммарную силу взаимодействия молекулы с атомами твердого тела можно найти дифференцированием потенциальной энергии (4) по расстоянию  $r$

$$F = - \frac{dU}{dr} = 2 \pi n \varepsilon \sigma^6 \left[ \frac{2}{5} \frac{\sigma^6}{r^{10}} - \frac{1}{r^4} \right] \quad (5)$$

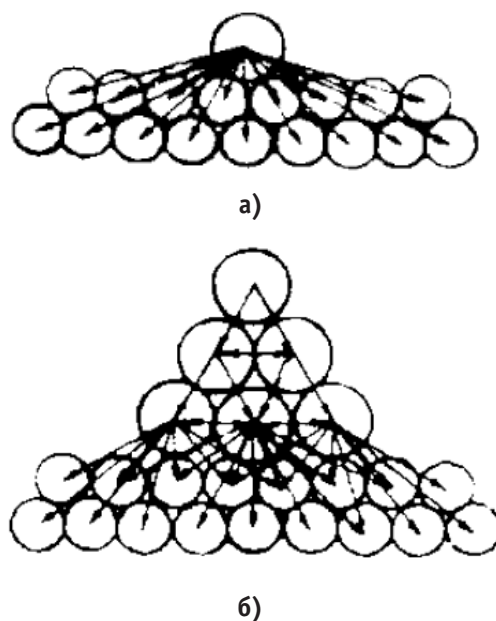


Рис. 1. Взаимодействие адсорбированной молекулы с атомами твердого тела (а) и адсорбированных молекул друг с другом (б)

С помощью молекулярной теории адсорбции и Ленарда-Джонсовских преобразований была получена графическая зависимость (рис. 2) силы  $F$  взаимодействия молекулы с твердым телом от количества монослоев сорбата  $\Theta$  [3,4]

Чтобы дать возможность использовать технические средства для практического измерения силы  $F$  взаимодействия молекулы с поверхностью твердого тела (5), необходимо точно измерить силу отрыва молекулы верхнего монослоя сорбата. Для этого надо знать, сколько молекул на поверхности. Для решения задачи предполагается измерить профиль поверхности на атомарном уровне АФМ или STM методом и использовать две подобные поверхности, покрытые слоем сорбата. Подобное измерение позволяет измерить силу отрыва одной молекулы как

$$F = \frac{F_{\text{сдвиг}}}{N} \quad (6)$$

где  $N$  — количество молекул на поверхности, определяемое АФМ или STM методом;

$F_{\text{сдвиг}}$  — суммарная сила сдвига  $N$  количества молекул.

Уравнением (6) показано, что можно измерить силу отрыва одной молекулы (сила взаимодействия молекулы с поверхностью твердого тела), что и позволит определить чистоту поверхности (рис. 2).

#### Принцип работы разработанного устройства

Разработанное устройство использует связь силы трения с силами межмолекулярного взаимодействия

между молекулами [5], находящимися на контактирующих поверхностях трения, и зависящими от количества молекул, загрязняющих поверхности, т. е. сорбированных на ней.

Задача авторов устройства состоит в том, чтобы при измерении силы статического трения выделить ту составляющую, которая зависит только от количества слоев молекул, находящихся на поверхностях, и выступающих как «загрязнения», для чего надо использовать образцы трения с гладкими поверхностями, где «механическая» составляющая силы трения от срезания микронеровностей минимальна (используется малая микро зона трения  $\Delta x$ , что устраняет динамическую составляющую силы трения), а силу статического трения измеряют в момент страгивания поверхностей образцов с точки зрения статического контакта (рис. 3). Поэтому в качестве пары контакта для измерения силы статического трения были выбраны полированные пластины, изготовленные из монокристаллов кремния, и обеспечивающие наибольшую поверхность контакта поверхностей (наибольшее значение силы страгивания для точного измерения).

Принцип работы устройства основан на использовании трех полированных пластин: одной подвижной 2 в плоскостях ее двустороннего контакта и двух неподвижных 1,3 в плоскости их взаимных контактов, при этом одна из неподвижных пластин 1, находящаяся на рис. 3 сверху (назовем ее «зажимной»), прижимаясь к средней подвижной пластине, создаёт нормальную (и при этом одинаковую) силу  $F_N$  — (нормальную) нагрузку при трении сразу в двух плоскостях трения. Сила сдвига  $F_{\text{сдвиг}}$  (сила страгивания молекул), инициирующая начало движения средней пла-

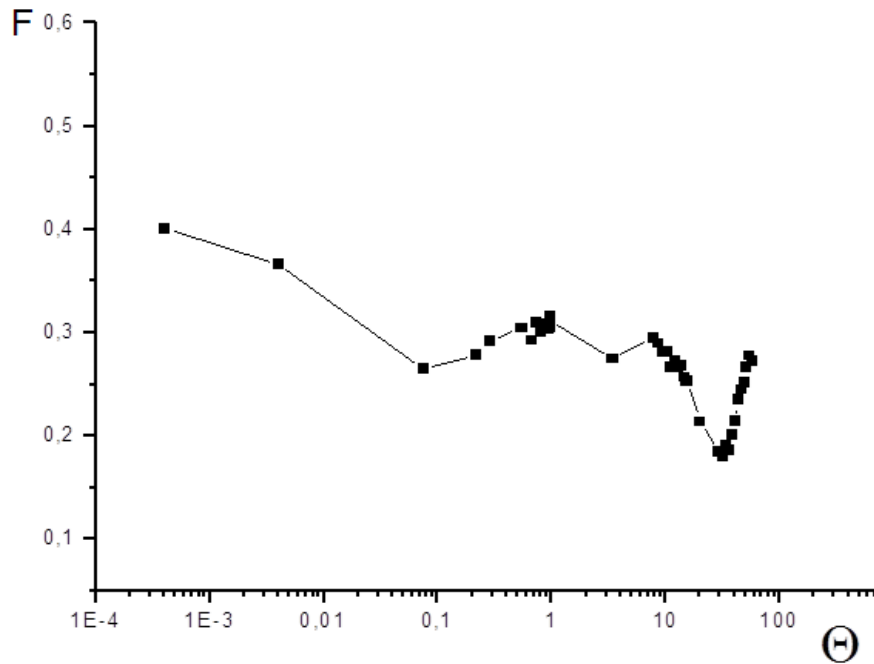


Рис. 2. Сила взаимодействия молекулы с твердым телом как функция от коэффициента покрытия поверхности сорбатом

стины, обеспечивается пьезопроводом, на который подается электрический сигнал, управляющий ее перемещением.

Принимается, что

— контактирующие поверхности пластин устройства идентичны рабочей поверхности (исследуемой поверхности);

— количество молекулярных слоев адсорбированного газа на рабочей поверхности и на поверхностях пластин устройства одинаково;

— сила сдвига (страгивания)  $F_{\text{сдвиг}}$  подвижной пластины определяется количеством молекулярных слоев сорбата.

#### Конструкция разработанного устройства

Конструкция устройства для измерения чистоты поверхности представлена на рис. 4, где на основании 4 расположена неподвижная пластина 3 и два перпендикулярно расположенных пьезобиморфных привода 9,10,

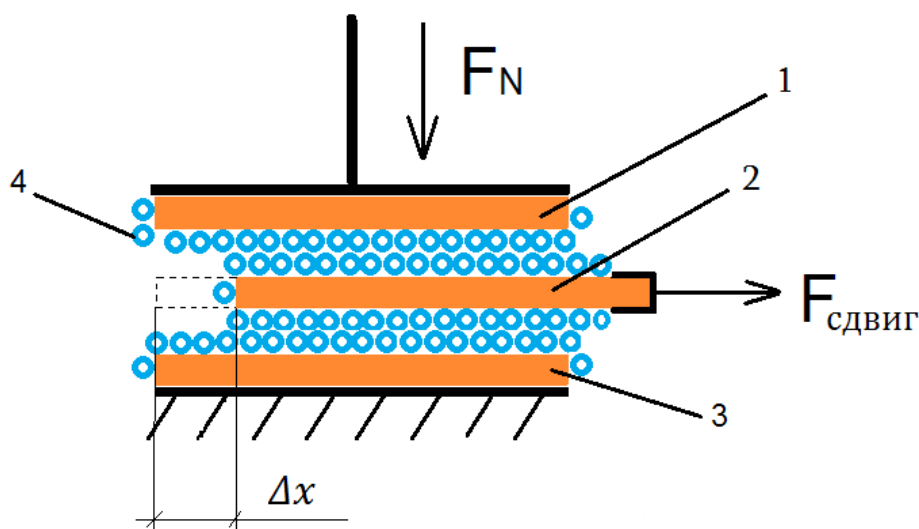


Рис. 3. Принцип работы устройства измерения чистоты поверхности: 1 — зажимная пластина, 2 — страгивающая пластина, 3 — неподвижная пластина, 4 — адсорбированный газ (сорбат)

формирующих контактную пару. Пьезобиморфные пластины-приводы 9,10 под воздействием управляющего сигнала изгибаются, при этом пластина 5 приводит подвижной элемент пары 2 для перемещения от начальной точки контакта к конечной. Пластина 6 прижимает подвижной элемент контактной пары зажимной пластиной 1. Измерительные элементы (датчики деформации 7,8 упругих пластин), расположенные на гибких упругих

пластинах, служат для измерения нормальной и тангенциальной сил, т. е. для измерения силы страгивания, являющаяся функцией коэффициента покрытия (т. е. показателя «загрязнения поверхностей»). **Технический результат устройства заключается в возможности измерения коэффициента покрытия поверхностей сорбатом (загрязнениями) путём измерения силы страгивания.**

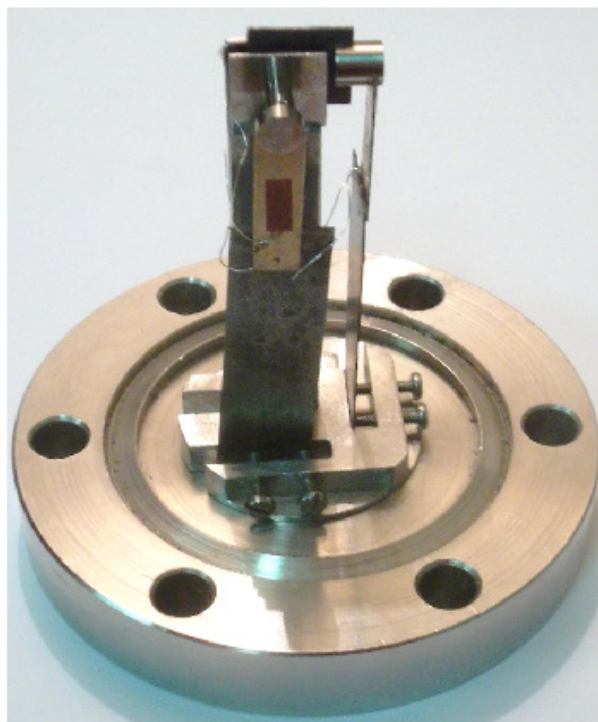
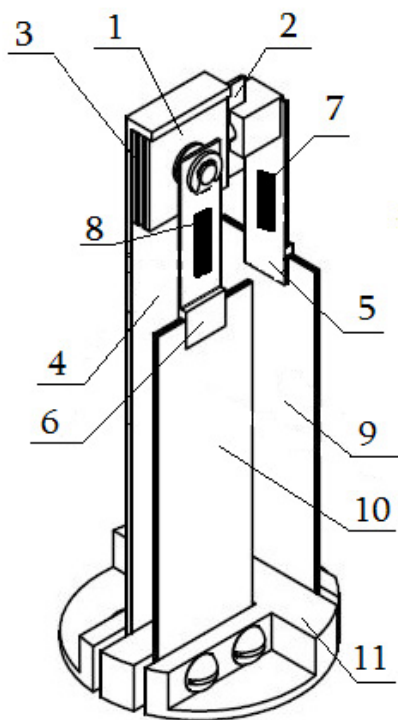


Рис. 4. Конструкция разработанного устройства для измерения чистоты поверхности в ядерной технике: 1 — зажимная пластина, 2 — подвижная пластина, 3 — неподвижная пластина, 4 — стойка, 5 — упругая пластина, обеспечивающая силу страгивания, 6 — упругая пластина, обеспечивающая силу прижатия, 7 — тензодатчик измерения силы страгивания, 8 — тензодатчик измерения нормальной силы, 9 — пьезобиморфный привод страгивания, 10 — пьезобиморфный привод прижатия, 11 — база

#### Выводы

1. В данной работе показано, что на основании предложенной авторами теории можно экспериментально подойти к прямому измерению толщины слоя сорбированных газов  $\Theta$ .

2. Авторами создано устройство для определения чистоты рабочей поверхности, которое может быть использовано не только в ядерной технике, но и в др. отраслей промышленности, где важно знать параметр чистоты рабочей поверхности.

3. Разработанное устройство также можно использовать для измерения давления в широком диапазоне.

#### Литература:

1. Lennard-Jones, J. E. // Proc. Roy. Soc. — 1924. — V. 106. — 463 p.
2. Товбин, Ю. К. Теория физико-химических процессов на границе газ-твердое тело. — М.: Наука, 1990. — 288 с.
3. Арутюнян, З. Р., Бычков С. П., Деулин Е. А. О создании прибора контроля чистоты поверхности // Научная перспектива. — 2015. — № 12. — с. 138–140.
4. Арутюнян, З. Р., Деулин Е. А. Измерение слоя сорбата на поверхности — физические и практические возможности // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. — 2015. — № 12–1. — с. 42–46.
5. Деулин, Е. А. Физическое единство различных параметров «сухого» трения в вакууме и атмосфере // Трение и смазка в машинах и механизмах. — 2010. — № 9. — с. 43–47.



## Синтез регулятора системы управления электроприводами канала наведения по горизонту платформы стабилизированной

Емельянова Дарья Константиновна, студент

Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

*Ключевые слова:* регулирование, стабилизация, управление техническими системами, автоматическое управление.

Нередко в нашей жизни требуется поддерживать какое-то необходимое значение, препятствуя внешним возмущениям. Например, температуру в печи, курс корабля, устойчивость автомобиля при заносе. Но человек может справиться не со всеми задачами. Там, где важна точность или надёжность, человеческий фактор может привести к нежелательным последствиям. В таком случае на помощь приходит автоматическое управление, которое осуществляется специальным устройством — регулятором,

Цель данной статьи — подобрать регулятор для системы управления электроприводами канала наведения по горизонту платформы стабилизированной и установление оптимальных параметров корректирующих звеньев, используя среду моделирования Matlab Simulink. В данном случае электроприводом является двигатель серии ДБМ с полезной нагрузкой в виде стойки, установленной на поворотной части погона устройства.

Управляющим воздействием будут являться два типа сигнала: синус и меандр. Синус моделирует режим слежения, а меандр переброс между режимами. При этом время отработки сигнала 1 мрад не должно превышать 0,05 с до уровня ошибки  $\pm 0,05$  мрад, при этом перерегулирование должно быть не более 25%.

### Синтез регулятора.

Существуют три основных принципа автоматического управления:

- принцип разомкнутого управления,
- управление по возмущению,
- принцип обратной связи. [1]

Принцип разомкнутого управления состоит в том, что мы уверены в незначительности возмущений, и управление объектом происходит только входным воздействием.

Управление по возмущению означает, что управляющие воздействия корректируются регулятором, то есть регулятор получает информацию о возмущениях и выдает на объект такой сигнал, который подавит возмущения.

Самым эффективным при непредсказуемых возмущениях является принцип обратной связи. При таком управлении на вход поступает разность между входным сигналом и отработанным, что позволяет уменьшить ошибку регулирования.

Регуляторы бывают нескольких типов: П-, ПИ-, ПД- и ПИД-регуляторы. Подберем регулятор для управления электроприводами канала ГН платформы стабилизированной.

**П-регулятор.** П-регулятор представляет собой усилительное (пропорциональное) звено. Пропорциональное звено — это коэффициент пропорциональности между входным и выходным сигналами. Оно уменьшает статическую ошибку.

Исследуем П-регулятор, подставив в модель. Оптимальную величину коэффициента подберем эмпирически.

$$K_P = 0.5$$

Посмотрим реакцию системы на разные входные сигналы.

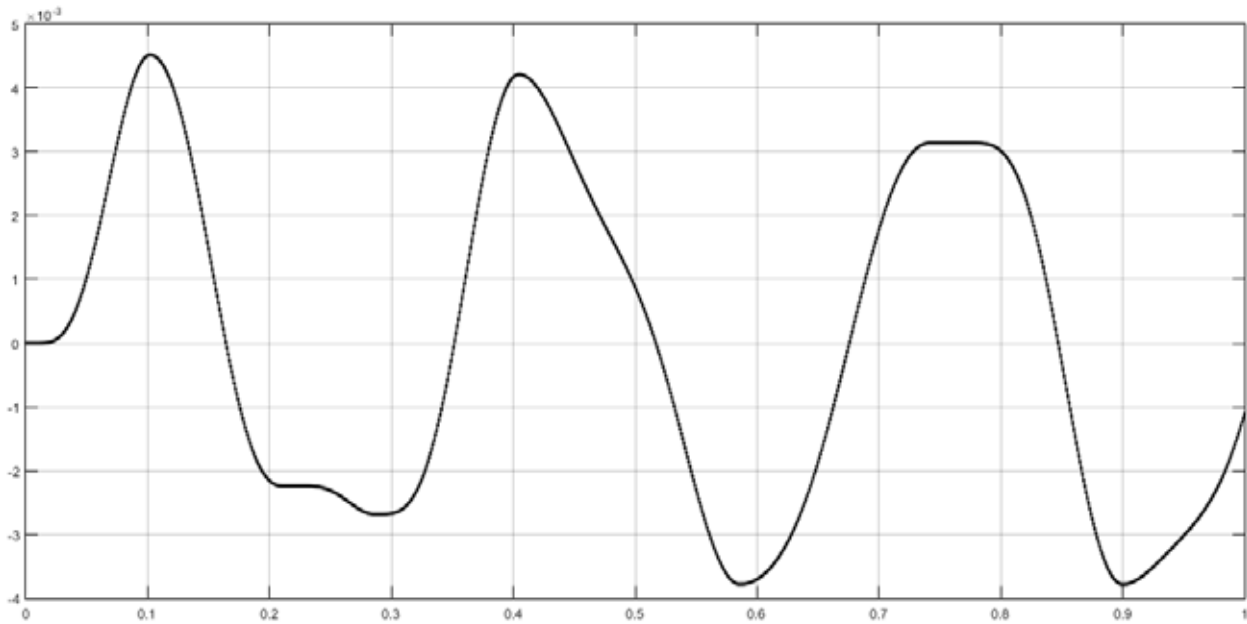


Рис. 1. Реакция системы с П-регулятором на входное синусоидальное воздействие

$$E_{\text{макс}} = 2 * 10^{-3} \text{ мрад}$$

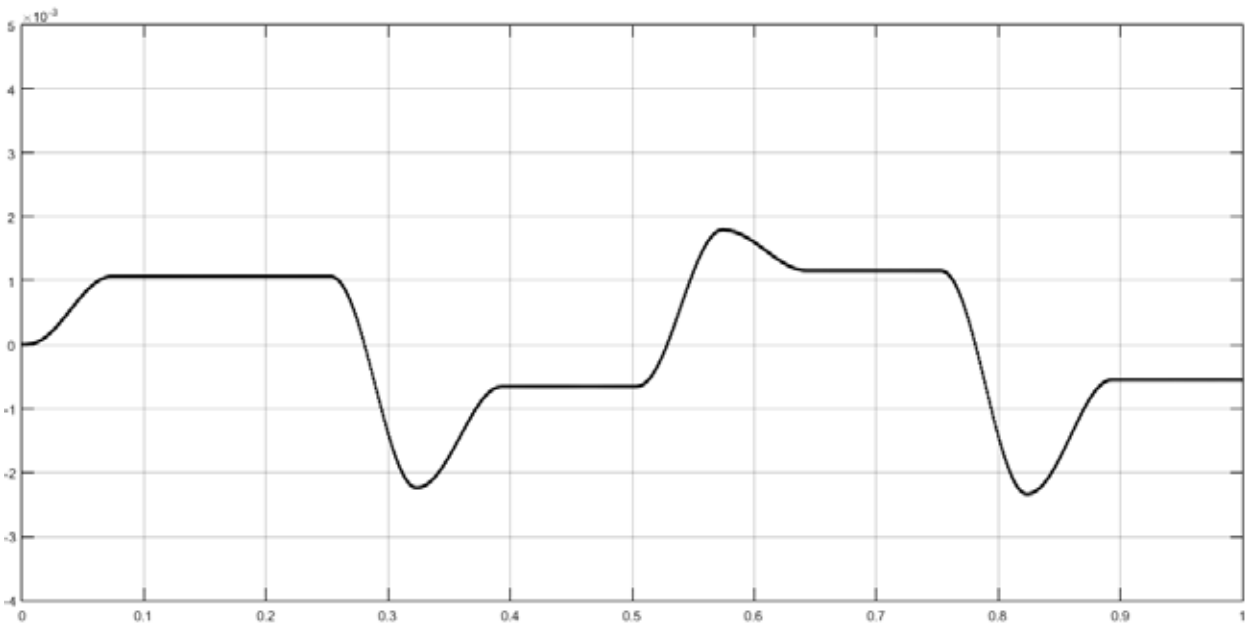


Рис. 2. Реакция системы с П-регулятором на входное воздействие вида меандр

$$E_{\text{уст}} = 0.34 * 10^{-3} \text{ мрад}$$

$$T_p = 0.15 \text{ с.}$$

$$\sigma = 67 \%$$

**ПИ-регулятор.**

ПИ-регулятор сочетает пропорциональное и интегральное звено. Интегральное звено — это интеграл сигнала рас-  
 согласования, оно накапливает значение невязки и поддерживает заданное значение регулируемой величины. Переда-  
 точная функция интегрального звена имеет вид:  $W_i = \frac{K_0}{s}$ .

Исследуем ПИ-регулятор, подставив в модель. Оптимальную величину коэффициентов П- и И-звена подберем эмпирически.

$$K_P = 0.16;$$

$$K_I = 0.22.$$

Посмотрим реакцию системы на разные входные сигналы.

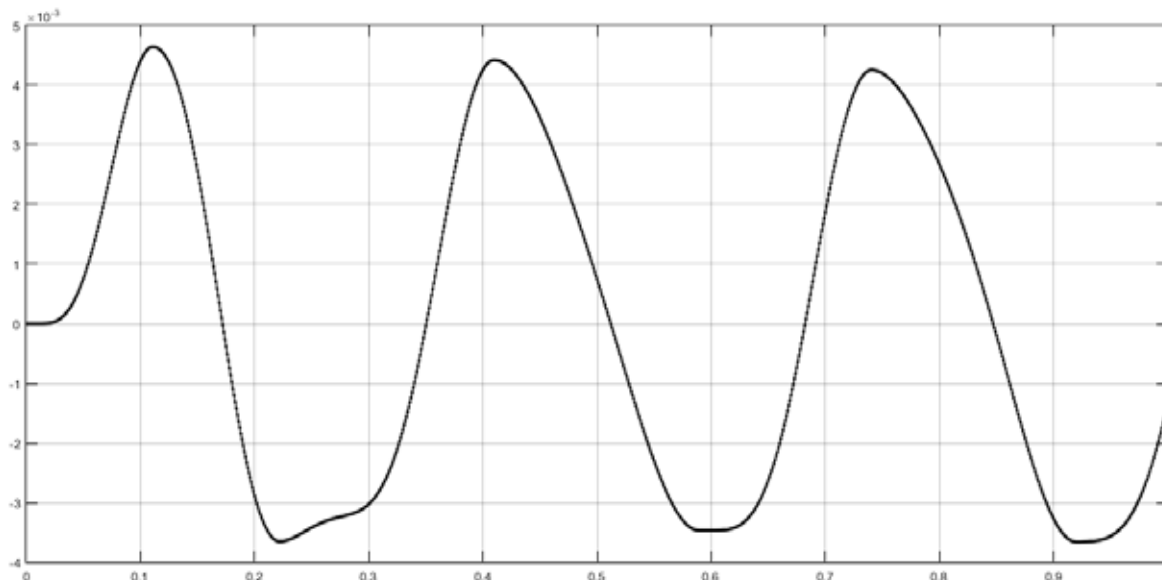


Рис. 3. Реакция системы с ПИ-регулятором на синусоидальное воздействие

$$E_{\text{макс}} = 1.6 * 10^{-3} \text{ мрад}$$

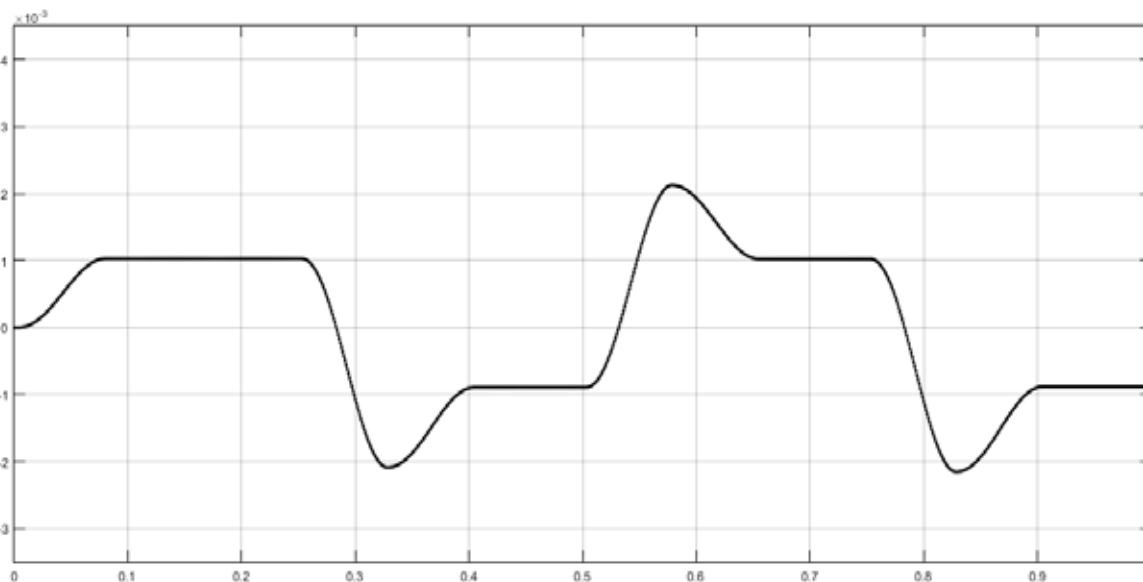


Рис. 4. Реакция системы с ПИ-регулятором на воздействие вида меандр

$$E_{\text{уст}} = 0.1 * 10^{-3} \text{ мрад}$$

$$T_p = 0.15 \text{ с};$$

$$\sigma = 90 \%$$

Интегральная составляющая убрала колебательность, увеличилось быстродействие, но установившаяся ошибка слишком велика.

**ПД-регулятор.**

ПД-регулятор состоит из пропорционального и дифференциального звена. Дифференциальное звено — это дифференциал сигнала рассогласования, то есть разница между предыдущей невязкой и невязкой настоящей. Дифференцирующее звено снижает управляющее воздействие, ускоряет реакцию системы. Передаточная функция идеального дифференциального звена имеет вид:  $W_d = K \cdot s$ . Но идеального дифференциатора в реальной жизни не существует, поэтому он заменяется на инерционное дифференцирующее звено с передаточной функцией  $W_{ид} = \frac{(K+s)}{T+s+1}$ , где  $T$  — постоянная времени, численно равная скорости реакции объекта управления. [2]

Исследуем ПД-регулятор, подставив в модель. Оптимальную величину коэффициентов П- и Д-звена подберем эмпирически.

$$K_P = 8;$$

$$K_D = 0.065.$$

Посмотрим реакцию системы на разные входные сигналы.

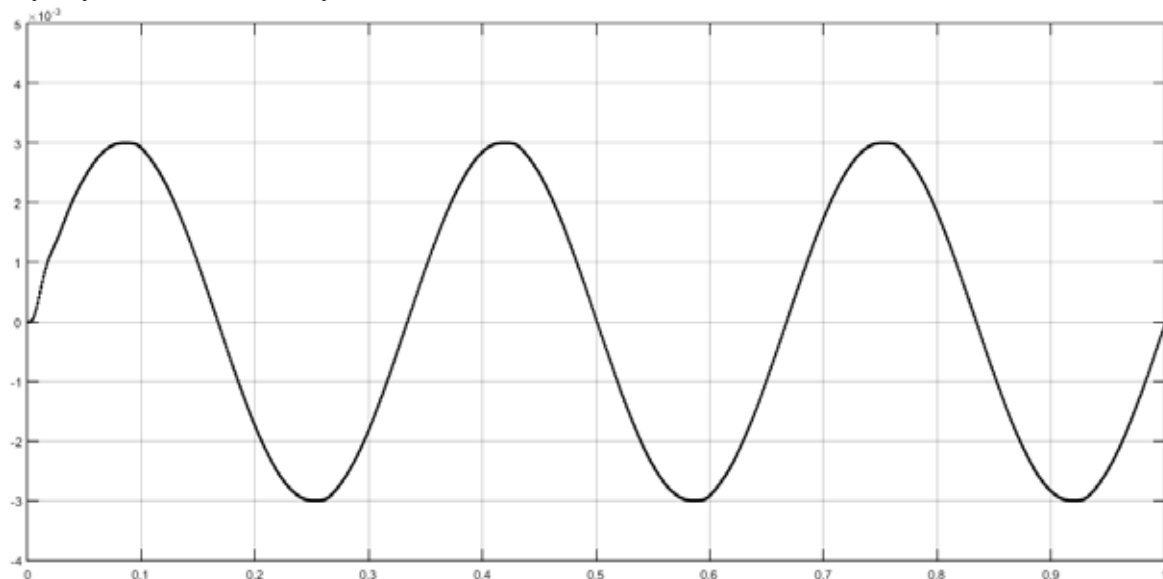


Рис. 5. Реакция системы с ПД-регулятором на синусоидальное воздействие

$$E_{\max} = 0.06 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$$

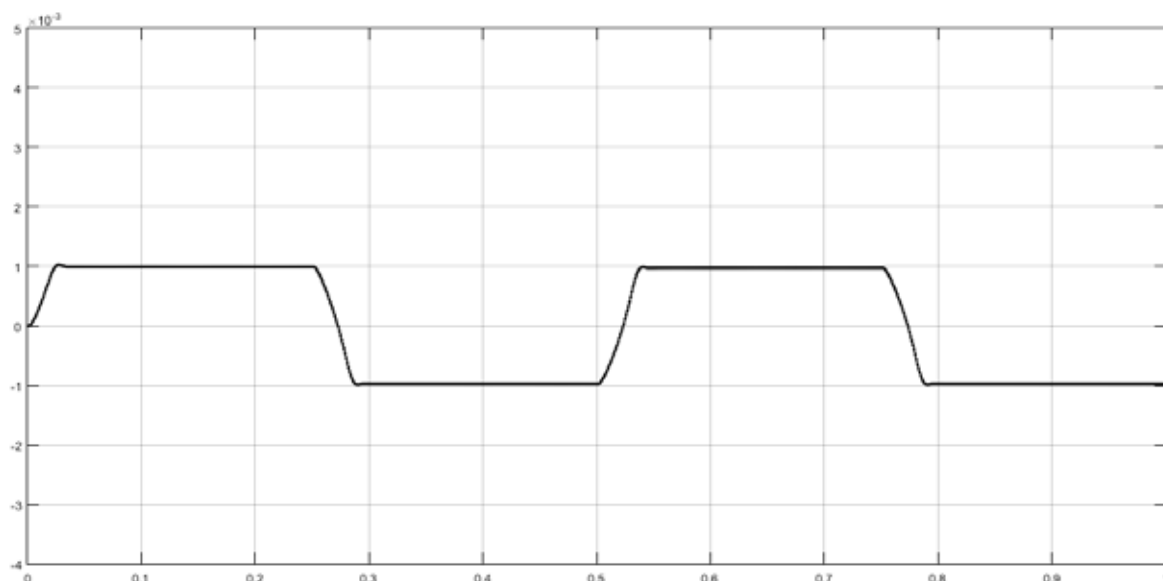


Рис. 6. Реакция системы с ПД-регулятором на воздействие вида меандр

$$E_{уст} = 0.02 * 10^{-3} \text{ мрад}$$

$$T_p = 0.05 \text{ с}$$

$$\sigma = 1.3 \%$$

Дифференцирующая составляющая заметно улучшила время регулирования, уменьшилась установившаяся ошибка, но присутствует небольшое перерегулирование, от которого желательно избавиться.

**ПИД-регулятор.**

ПИД-регулятор объединяет все три звена: пропорциональное, интегральное и дифференциальное.

Коэффициенты ПИД-регулятора подберем методом Зиглера-Николса. Это классический метод предварительного подбора коэффициентов ПИД-регулятора. Метод состоит в следующем: сначала коэффициенты интегрирующей и дифференцирующей составляющих обнуляются, а пропорциональный коэффициент увеличивают до тех пор, пока в системе не начнется автоколебание, то есть система окажется на грани неустойчивости. Это значение запоминается для последующего расчета коэффициентов регулятора, обозначим его как  $K$ . Тогда

$$K_{и} = 0.6 \cdot K; K_{н} = 1.2 \frac{K}{T}; K_{д} = 0.3 \cdot K \cdot T,$$

где  $T$ -период автоколебаний неустойчивой системы.

Наша система без И- и Д- звеньев становится неустойчивой при  $K_{и} = 10$ , тогда запомним  $K = 10$ , при этом период автоколебаний  $T = 0.19$ . Рассчитаем значения коэффициентов:

$$K_{и} = 6;$$

$$K_{н} = 63;$$

$$K_{д} = 0.1425$$

Посмотрим реакцию системы на разные входные сигналы.

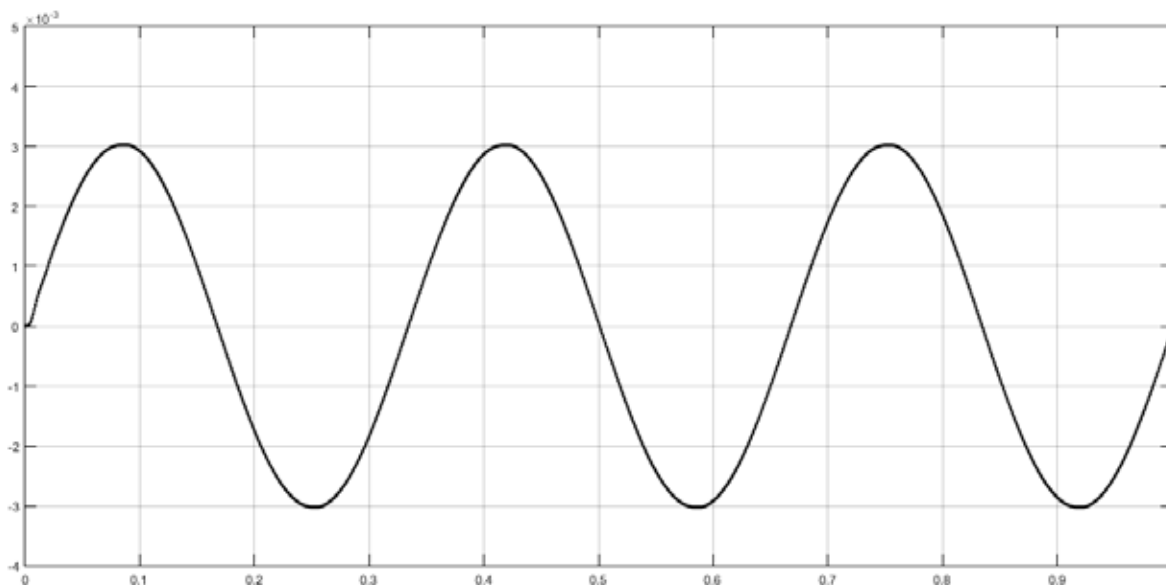


Рис. 7. Реакция системы с ПИД-регулятором на синусоидальное воздействие

$$E_{макс} = 0.08 * 10^{-3}$$



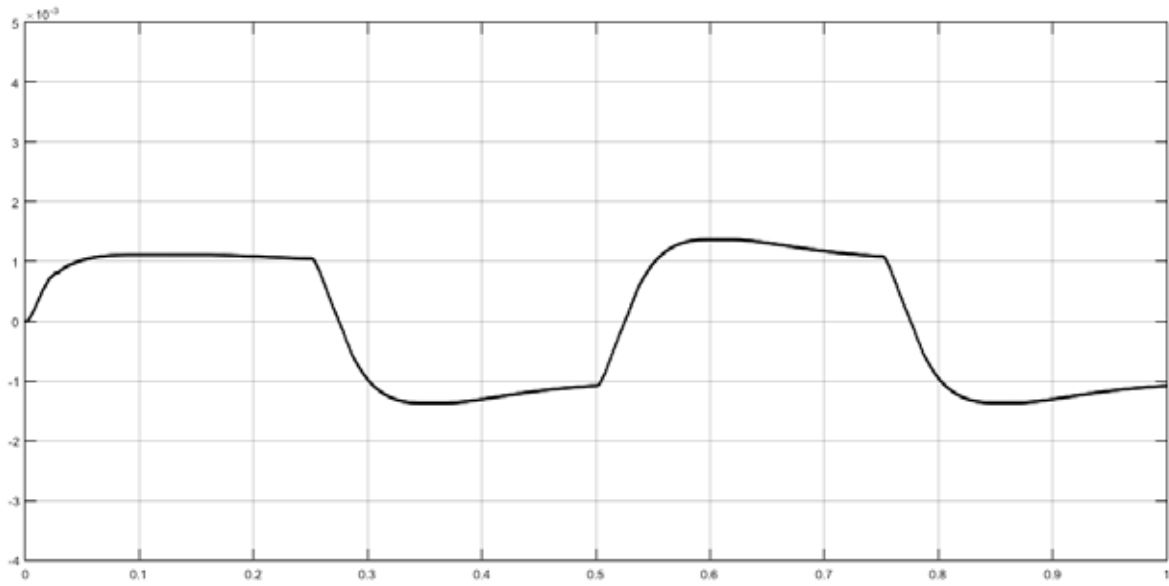


Рис. 8. Реакция системы с ПИД-регулятором на воздействие вида меандр

$$E_{уст} = 0.08 * 10^{-3} \text{ рад}$$

$$T_p = 0.2 \text{ с.}$$

$$\sigma = 285 \%$$

Очевидно, что величину коэффициентов необходимо скорректировать. Получим следующие значения коэффициентов:

$$K_{И} = 15;$$

$$K_{П} = 20;$$

$$K_{Д} = 0.09$$

Посмотрим реакцию системы на разные входные сигналы.

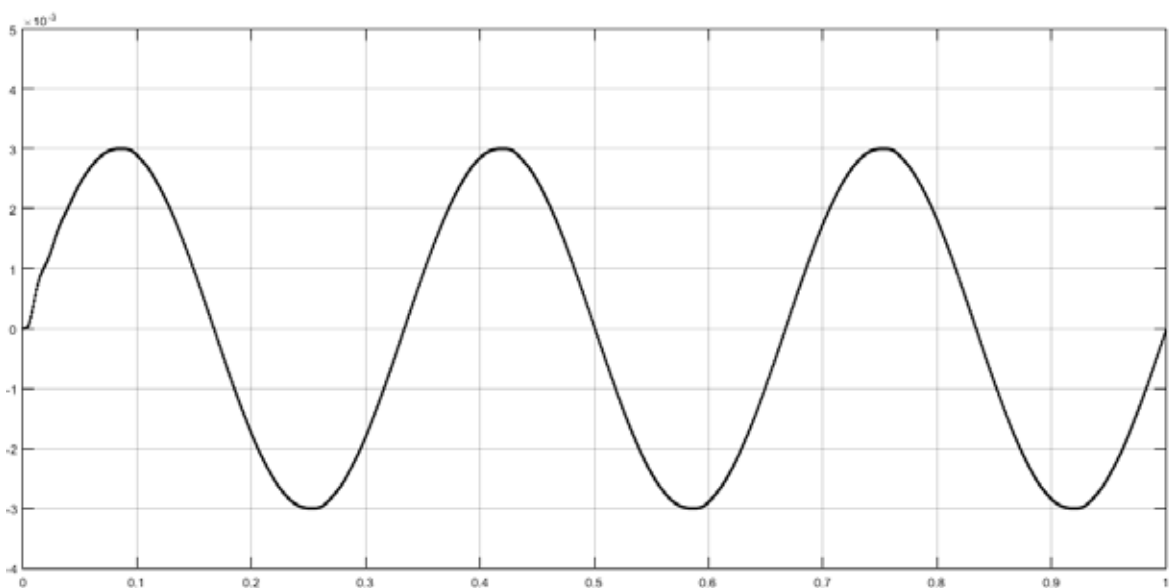


Рис. 9. Реакция системы с ПИД-регулятором на синусоидальное воздействие

$$E_{\text{макс}} = 0.04 * 10^{-3}$$

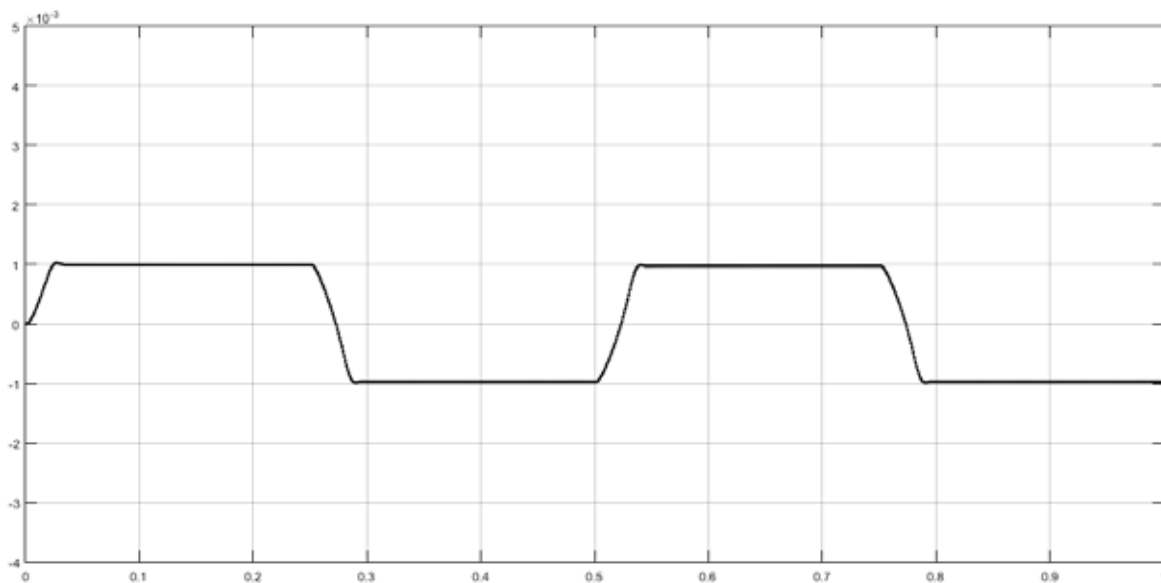


Рис. 10. Реакция системы с ПИД-регулятором на воздействие вида меандр

$$E_{уст} = 0.0165 * 10^{-3}$$

$$T_p = 0.04с.$$

$$\sigma = 0 \% \sigma = 0 \%$$

Основные критерии качества удовлетворяют требованиям тех. задания.

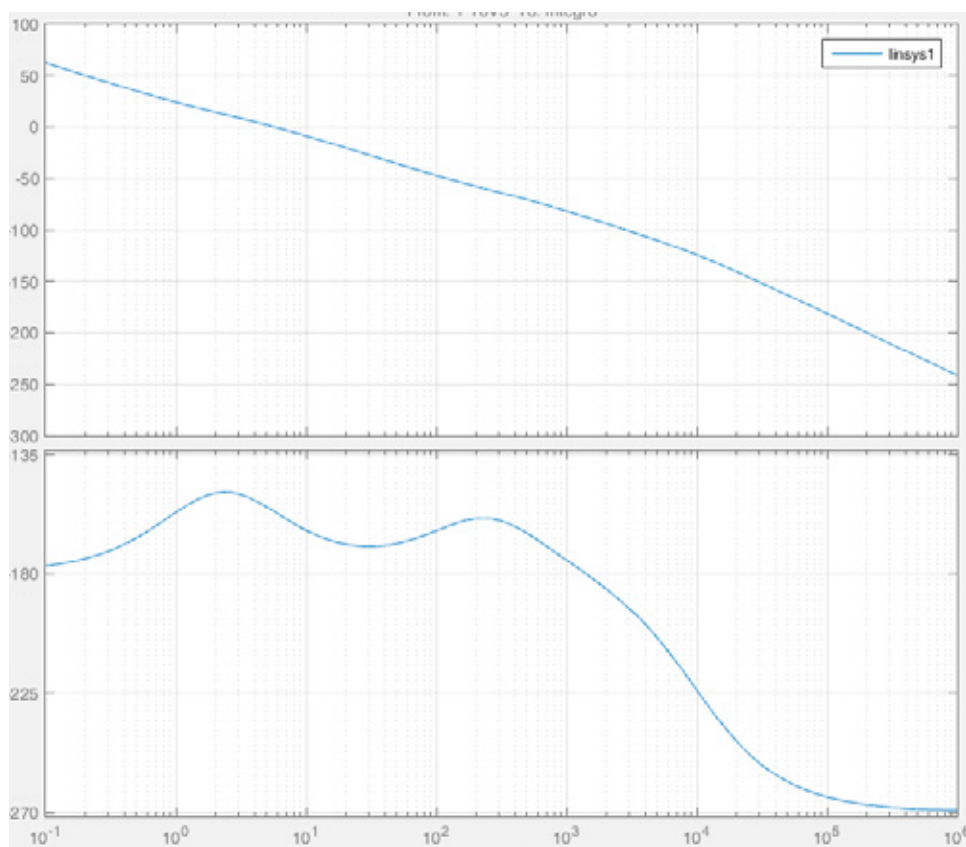
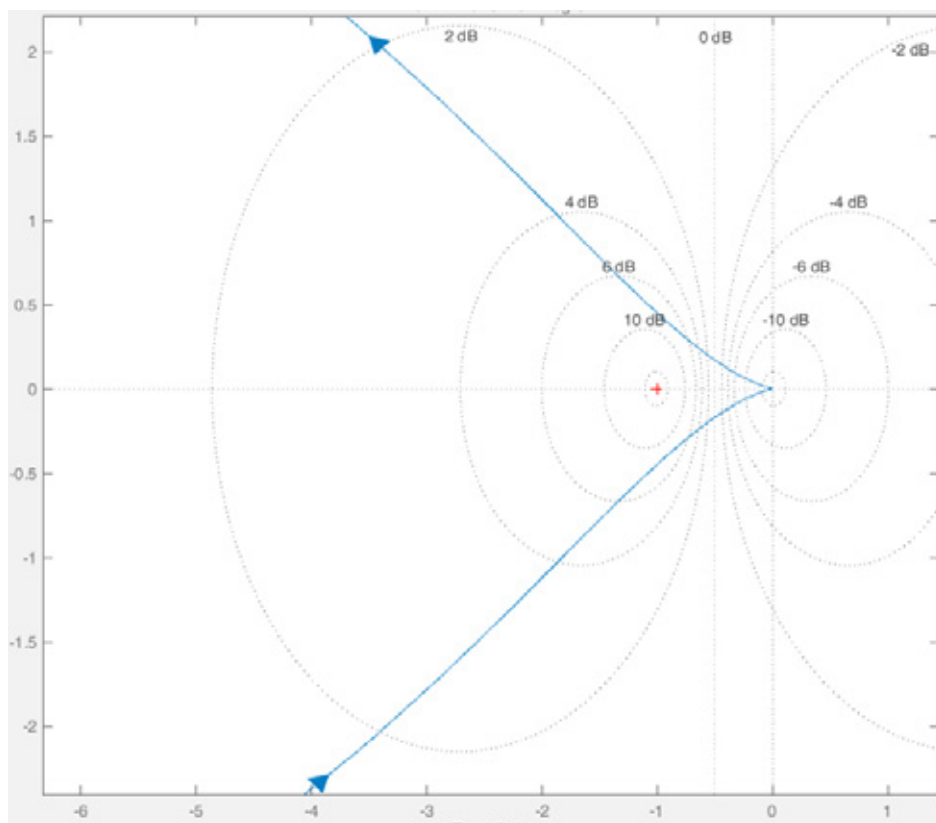


Рис. 11. АЧХ и ФЧХ системы автоматического управления электроприводами канала ГН



**Рис. 12.** Годограф системы автоматического управления электроприводами канала ГН

Из Рис. 6 можно сделать вывод о том, что корни характеристического уравнения системы действительны и одного знака, а смоделированная система устойчива. [1]

Литература:

1. Артамонов, Д. В. Основы теории линейных систем автоматического управления — Пенз. гос. ун-та, 2003. — 142 с.
2. Поляков, К. Ю. Основы теории цифровых систем управления. — СПбГМТУ-СПб., 2006. — 161 с.

## Робот в помощь сельскому хозяйству

Закиров Евгений Аликович, студент;  
Малёв Максим Валерьевич, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

*В настоящее время ставится вопрос роботизации сельского хозяйства. Роботы смогут автоматически контролировать поля и огороды без участия человека. С помощью роботов сельское хозяйство станет более точным и выгодным делом.*

**Ключевые слова:** робот, движение, динамическая модель, сельское хозяйство.

## Robot in aid to agriculture

*At the present time the question of robotics in agriculture. Robots will be able to automatically control the fields and gardens without human intervention. With the help of robots agriculture will become more accurate and profitable.*

**Keywords:** The robot movement, the dynamic model of agriculture.

Появление техники для сельского хозяйства в своё время произвело настоящий переворот. Трактора могли быстрее и качественнее выполнять те функции, которые раньше делали вручную. Роботы совершили революцию в данной сфере экономики. Создание роботов привело к автоматическому контролю за полями и огородами. Предлагаем робота, который по конфигурации передвигается по полям, вне зависимости от рельефа и вида сельскохозяйственной культуры.



Рис. 1. Робот для сельского хозяйства

В роботе имеется встроенная система спутниковой навигации, инновационный механизм передвижения сразу в нескольких плоскостях, интегрированный компьютер с огромным числом предустановленных алгоритмов автономного действия, контроль за устройством с помощью компьютера. Перечисленные факторы делают данное устройство в многофункционального помощника мелким и крупным фермерам.

Робот станет помогать фермерам, контролировать поля. Конструкция устройства позволяет большое количество операций. Перемещаясь по огородам, робот сможет собирать информацию о состоянии сельскохозяйственной

культуры и земли, наличии вредителей и краж, спелости плодов и многих других факторов.

Рассмотрим адаптивную модель управления роботом. Ставится вопрос о целесообразной полноте динамической модели с идентификацией параметров объекта. [1]

Сформулируем следующие требования к динамической модели:

1. Для управляемости системы порядок модели по каждой степени свободы должен быть не ниже порядка полного дифференциального уравнения той же степени свободы объекта относительно регулируемой величины.

2. Для уменьшения времени расчета управляющего воздействия динамическая модель должна иметь аналитическое решение.

3. Для уменьшения времени счета при идентификации параметров модели, последняя должна быть линейной относительно других параметров.

В упрощенной модели, и в желаемом характере ее движения можно учесть наиболее существенные физические особенности реальной системы.

Материал который мы рассматриваем, свидетельствует от том, что к особенностям робота, управляемым от компьютера, целесообразно учесть динамические взаимодействия между степенями подвижности; сравнительно медленное изменение кориолисовых и гидроскопических сил, сил трения и позиционных сил.

Первые две особенности можно учесть матрицей инерционных коэффициентов  $\Pi_\alpha$  с постоянными  $\alpha - m$  интервале идентификации элементами и постоянным на этом же интервале вектором медленно меняющихся кориолисовых и гидроскопических сил  $N_\alpha$ . Упрощенная модель робота в системе обобщенных координат  $\psi$  при этом будет: [2]

$$\Pi_\alpha \ddot{\psi} + N_\alpha = \psi_\alpha$$

Учитывая в желаемом характере движений этой модели, сформулировав его не в виде некоторого дифференциального (или разностного уравнения), а в виде, отражающем решение следующей оптимизационной задачи: движение модели на каждом заданном программном интервале времени должно быть таким, чтобы в конце каждого интервала состояние модели соответствовало программному состоянию робота, достигаемому при условии минимума кусочно-постоянных управляющих воздействий  $\psi_\alpha$ .

Её решение в упрощении структуры модели с идентифицируемыми параметрами — это автономность отдельных дифференциальных уравнений.

Рассмотри на примере обработки для робота с  $n$  степенями подвижности траекторией, заданной параметрически в виде вектор-функции.

$$\psi = \psi(\tau)$$

Каждое уравнение линейной динамической модели имеет  $j$  настраиваемых параметров.

Рассмотрим общую структуру управления с использованием упрощенной модели данного робота (рис. 2). [2]

Исходными данными для работы схемы управления являются: начальный интервал  $\Delta\tau_0$  квантования (пе-

риод идентификации); значения параметров модели, начальные значения обобщенных координат  $\psi$  и их скоростей  $\dot{\psi}$ , а также параметрические уравнения заданной траектории.

При запуске программы по заданному закону движения производится расчет координат  $\psi$  и скоростей  $\dot{\psi}$ , которые должны определить состояние системы через время  $\Delta\tau_\alpha$  при  $\alpha = 0, 1, 2, \dots$ . Далее по линейным моделям определяется такой вектор управляющих воздействий  $\psi_\alpha$ , который должен привести систему в заданное программой положение. Рассчитанные значения  $\psi_\alpha$  выдаются на  $n$  приводов, вычисляются моменты времени опроса датчиков  $\delta\tau_k = \Delta\tau_\alpha / j$ , запускается таймер, и робот начинает выполнять движение.

В процессе движения через каждый период  $\delta\tau_k$  производится опрос датчиков двигательной системы робота, который позволяет собрать информацию, необходимую для выполняемой впоследствии идентификации  $j$  параметров динамической модели. Информация, полученная в конце интервала  $\Delta\tau_\alpha$ , характеризует состояние, в которое пришла двигательная система.

Полученное значение  $\Delta S_\alpha$  используют для вычисления интервала  $\Delta\tau_{\alpha+1}$  на следующем интервале движения. За-

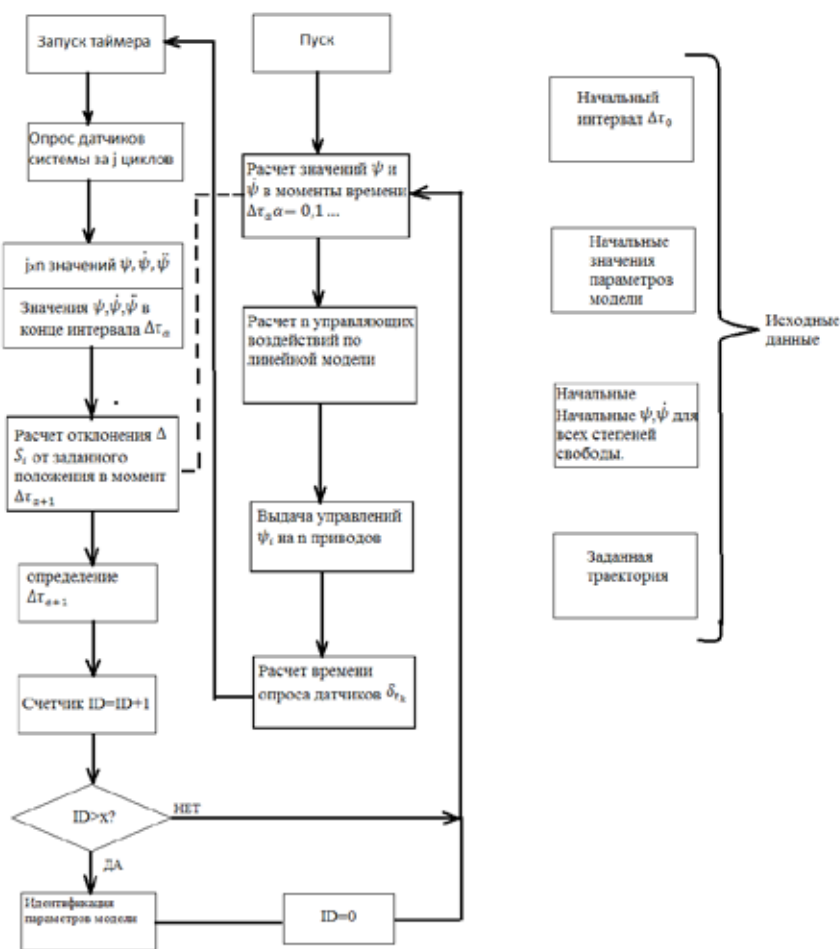


Рис. 2. Общая структура алгоритма управления с использованием идентифицируемых упрощенных моделей робота



зависимость между  $\Delta\tau_{\alpha+1}$  и погрешностью  $\Delta S_{\alpha}$  заранее неизвестна. Поэтому при расчете значения интервала ее целесообразно строить, основываясь на величинах  $\Delta S$  и  $\Delta\tau$  на предыдущих интервалах движения.

Циклы движения, выполненные со временем последней идентификации параметров модели, накапливаются в счетчике ID. Когда ID станет равным наперед заданному числу  $x$ , производится идентификация параметров модели. Для этого, используя информацию о характеристиках движения, полученную датчиками системы, решается  $n$  систем из линейных уравнений. Таким образом идентификация производится принудительно один раз в  $x$  циклов. Значения  $x$  могут устанавливаться также

в процессе управления в зависимости от того, вышло ли значение  $\Delta S_{\alpha}$  за заданный допуск.

После расчета очередного интервала  $\Delta\tau_{\alpha+1}$  или идентификации модели снова рассчитываются требуемые значения координат  $\psi$ , скоростей  $\dot{\psi}$ , и цикл повторяется.

Сельское хозяйство давно перестало быть отсталой отраслью промышленности. В настоящее время это передовой фланг производства, в котором все чаще используются роботизированные устройства, созданные для того, чтобы сделать его более точными, следовательно выгодным делом. Представленный алгоритм используется при разработке траектории движения, маневренности и мобильности предлагаемой модели робота для фермеров и сельских хозяйств.

#### Литература:

1. Поезжаева, Е. В. Промышленные роботы: учебное пособие в 3 ч. — М.: УМО АМ МВТУ им. Баумана; изд-во ПГТУ, 2009.
2. А. И. Корендяев, Б. Л. Саламандра, Л. И. Тывес. Теоретические основы робототехники; Книга 1; изд-во Наука, 2006.
3. <http://surfingbird.ru/surf/gRQsE6170#.VwpYd6SLTIU>

## Виды национальных узоров, применяемых в золотошвейных изделиях

Закиряева Нодира Гафуровна, ассистент;  
Уринова Дилфуза Эсановна, преподаватель  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Бухара издревле является родиной золотошвейного искусства. Бухарские золотошвейные изделия славятся на весь мир. Гости и туристы, приезжающие в Узбекистан очень интересуются бухарскими золотошвейными изделиями. Увеличение производства золотошвейных изделий и их экспорт может принести большую пользу экономике страны. Однако, на сегодняшний день технологический процесс изготовления золотошвейных изделий не отвечает современным требованиям и не соответствует международным меркам, требует много времени и труда. Поэтому, совершенствование производства золотошвейных изделий является актуальной задачей.

Известно, что в золотошвейном производстве весь производства узоров выполняется ручным способом, однако, раскрой трафарета является самой тонкой и весьма трудоемкой операцией в этом процессе. Для вырезания узоров как раньше, так и по сегодняшний день используются ножницы двух видов: ножницы обычной формы и ножницы причудливой формы, отдаленно напоминающей длинную тонкую шею верблюда, изготавливаемые специально для вырезания узоров.

Несмотря на удобную форму последнего вида ножниц, производственные мозоли неизбежны при изнурительном труде «гульбуров» — работников, занимающихся выре-

занием узоров. Ведь при широком распространении золотого шитья, когда в день приходится вырезать от 150 и более рисунков в зависимости от их масштаба и плотности, становится очевидным существование проблемы в этой области.

Использование компьютерной техники, графики и различных «ноу-хау» является актуальностью сегодняшнего времени. Для облегчения процесса вырезания узоров и сокращения его трудоёмкости целесообразно использовать автоматизацию процесса рисования и вырезания трафаретов.

С этой целью нами были изучены виды национальных узоров, применяемых в золотошвейном производстве. При разработке нового орнамента при золотом шитье особое значение отводилось соответствию разнообразию природных орнаментов. Примером широко распространённого символа этого вида может послужить меандр — река, отличавшаяся своей извилистостью и представлявшая собой непрерывную линию, изломанную прямыми углами. Этот символ обозначает понятия начала и конца, а также понятие вечности. На востоке идея меандра получила свою трактовку: она использовалась в орнаменте минарета Калян, применялась как фоновый орнамент в мужской одежде, была элементом украшения разных видов

оружия и превратилась со временем в одну из типовых форм орнамента.





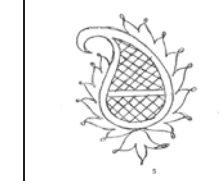





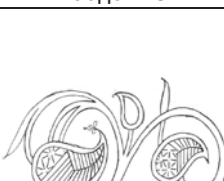
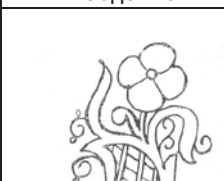
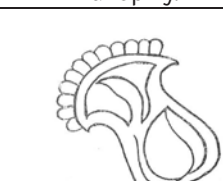
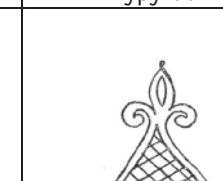
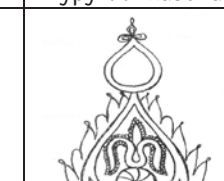
У бухарских вышивальщиков золотом для определения названий получавшихся таким образом швов-узоров существует своеобразная и подробно разработанная терминология, которую они бережно сохраняют, передавая ее из поколения в поколение.

Главными элементами этих узоров являются миндаль, перец, гранат, цветок, зигзаги, перевивы, меандры, геометрические фигуры вроде восьмиконечной звезды и круга. Очень часто входят сюда стилизованные элементы местной флоры и фауны, то меньшего, то большого масштаба.

Еще не распустившиеся бутоны, птицы, начинающие вить гнезда символизировали мечты, надежды создающейся новой семьи. Гранат символизировал многодетность и изобилие, красный перец — оберег от порчи и сглаза. Изображение ножей и талисманов символизировали хранение семейного очага от различных темных сил, порчи, сглаза. Этим самым сказывалось как высоко ценили женщины Азии свою семью, какое важное место имела семья для создания мирной и благополучной жизни.

На основе анализа разновидностей элементов узора в национальном орнаменте нами разработана их классификация, некоторые виды этих узоров приведены в таблице № 1.

Таблица 1. Разновидности элементов узора в национальном орнаменте

П.01	П.02	П.03	П.04	П.05
бодом(миндаль)	кушбодом (двойной индаль)	қўшбодоми хазонок	бодоми наълакнок	бодоми хазонок
				
П.06	П.07	П.08	П.09	П.10
кушбодом -2	кушбодом-3	қўшбодоми хазонок-2	бодоми хазонок-2	бодом-2
				
П.11	П.12	П.13	П.14	П.15
бодом -3	бодом-4	анор-гул	турунж	турунжи хазонак
				

Разработанная классификация разновидностей классических орнаментальных мотивов, используемых при золотом шитье позволит автоматизировать процессы рисования узоров и вырезки их трафаретов.

Внедрение компьютерной технологии в золотошвейное производство позволит нарисовать любой рисунок, который нужно выработать. Во многофункциональной системе компьютера будет возможным корректировка рисунка, учёт параметров ткани.

Предлагаемая классификация разновидностей классических орнаментальных мотивов, позволит в дальнейшем автоматизировать процесс рисования и вырезания трафаретов орнаментов в золотошвейном производстве, отменяет применение тяжелого ручного труда работников, занимающихся вырезанием узоров, сократит до минимума цикл процесса вышивания.

Литература:

1. Абдуллаев, Н. Санъат тарихи. Том-1, Ташкент, Уқитувчи, 1986 г. (33–36).
2. Гончарова, Т. История золотошвейного искусства Бухары. Т., 1989.

## Оптимизация технологического процесса производства карбида кремния

Закожурников Сергей Сергеевич, аспирант  
Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Закожурникова Галина Сергеевна, старший преподаватель  
Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Волжском

**Ключевые слова:** печь сопротивления, производство карбида кремния, математическая модель, температурное поля, тепломассоперенос.

Одним из приоритетных направлений эффективного использования энергетических ресурсов в условиях производства является оптимизация технологического процесса.

Современным способом всестороннего изучения и оптимизации параметров промышленных объектов является математическое моделирование. Математическая модель — это уравнение или система уравнений, связывающих параметры процесса с факторами, влияющими на них. При этом факторы являются зависимыми переменными. Обычно существует также взаимная связь как между параметрами,

так и между некоторыми факторами [1]. Комплексное моделирование способно решить задачи повышения энергоэффективности. Также моделирование позволяет избегать производственных экспериментов, что связано с экономией исходных материалов и потребления электроэнергии.

Рассмотрим процесс производства карбида кремния (SiC). Электрическая печь для производства карбида кремния относится к типу электропечи сопротивления. Конструкция боковых стенок печи изображенной на рис. 1 имеет отверстия для выхода наружу образующихся в печи газов и последующего горения их вне печи.

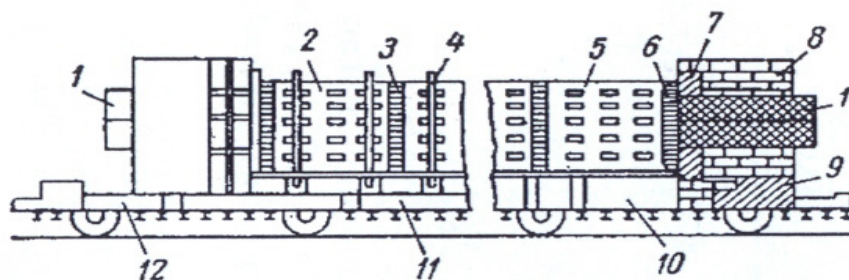
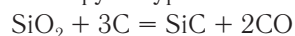


Рис. 1. Самоходная печь для производства карбида кремния: 1 — токоподводящие электроды; 2 — боковой щит передней стенки; 3 — кирпичная кладка; 4 — стойка для крепления боковых щитов; 5 — боковой щит задней стенки; 6 — контактный материал из графитированных отсеков; 7 — защитные электроды; 8 — торцовая стенка из огнеупорного кирпича; 9 — бетонный корпус торца; 10 и 12 — тележки концевые; 11 — тележка средняя

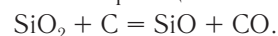
Карбид кремния в промышленных условиях получают восстановлением кремнезема углеродистым материалом. Протекающие при этом химические реакции можно представить брутто-уравнением



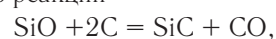
Процесс получения SiC осуществляют в специальных электрических печах [2, 3], в которых разогрев исходных продуктов до необходимой температуры проводится электрическим током.

Реакция начинается при температуре около 1500 °С и протекает с поглощением энергии. В условиях неравно-

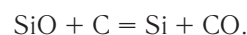
мерности температур, которая всегда имеет место в печах для получения карбида кремния, химические реакции протекают в несколько стадий. Сначала образуется оксид кремния по реакции



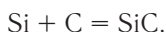
Вступая в реакцию с углеродом, оксид кремния частично преобразуется непосредственно в карбид кремния по реакции



а частично восстанавливается до кремния



Пары кремния затем реагируют с углеродом с образованием конечного продукта:



Основным сырьем для производства карбида кремния служат кварцевый песок и нефтяной кокс. К сырьевым материалам предъявляются высокие требования по чистоте, так как большое содержание примесей (оксиды  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ) снижает качество и выход годного карбида кремния. Кроме основных сырьевых материалов в реакционную шихту при загрузке печи добавляются возвратные материалы, полученные после электротермического процесса, — возвратная шихта и возвратный аморф. Возвратная шихта представляет собой смесь квар-

цевого песка, прокаленного нефтяного кокса и карбида кремния. Возвратный аморф — мелкокристаллический карбид кремния, полученный после сортировки куска карбида кремния [2].

Карбид кремния и остальные продукты плавки располагаются концентрическими слоями вокруг ядра (рис. 2). За ядром располагается слой графита, далее следует сам карбид кремния, а после него слои аморфа и силоксикона, т. е. непрореагировавшие с достаточной интенсивностью слои.

Карбид кремния (КК) выпускается промышленностью в виде двух разновидностей, отличающихся друг от друга цветом (КК зеленый (КЗ) и КК черный (КЧ)), качеством и технологией производства.

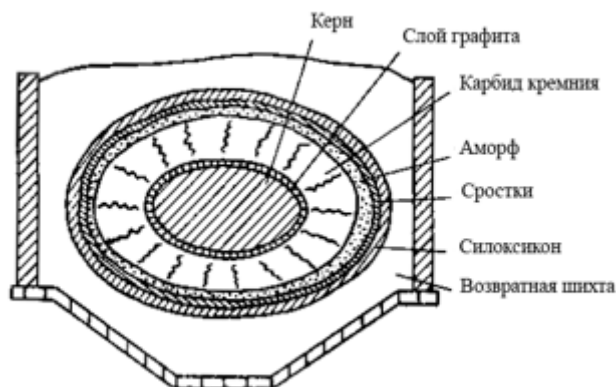


Рис. 2. Разрез печи по окончании плавки

Кроме вышеперечисленных сырьевых материалов при производстве зеленого карбида кремния в шихтовые материалы добавляется хлорид натрия и опилки. При производстве электротехнического карбида кремния в шихту добавляют глинозем.

В связи с тем, что процессы, протекающие в нагревательных печах, весьма энергоёмки, актуальным является проведение политики энергосбережения и повышение эффективности работы печей.

Немногие известные математические модели процесса производства карбида кремния используют существенно упрощенную картину процесса и не позволяют получить необходимую информацию об изменении важных для получения карбида кремния параметров, определяющих его качество и выход как конечного продукта производства.

Математическая модель производства карбида кремния должна состоять из системы уравнений, характеризующих технически и организационно обоснованные условия и показатели печи.

Математическое моделирование позволяет сократить энергопотребление за счёт устранения избыточного расхода энергии и реализации энергосберегающих мероприятий [4]:

Повышение производительности печи.

1. Снижение тепловых потерь.
2. Оптимизации процесса плавки [5].
3. Использование теплоты отходящих газов.

#### 4. Автоматизация работы печи.

Для получения полного математического описания необходимо провести анализ химических и физических процессов, протекающих в электрических печах, для выявления базовых факторов, которые необходимо учитывать при математическом моделировании для воспроизведения поля температур в рабочей зоне печи [6–11].

Представим упрощенную математическую модель для расчета температурного поля в печи сопротивления, которая состоит из двумерного дифференциального уравнения теплопроводности с внутренними источниками теплоты, представленного в виде:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = -\text{div} \lambda \left( \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial T}{\partial y} \right) + q_v \quad (1)$$

где  $T$  — температура,  $\tau$  — время,  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности,  $q_v$  — мощность внутренних источников тепла в теле.

Причём мощность внутренних источников является комплексным параметром, состоящим из нескольких слагаемых, зависящих от большого количества величин.

Граничные условия, используемые для решения уравнения имеют следующий вид:

Начальные условия:

$$\tau = 0: T = T_0 = 300 \text{ К}, P = P_0 = 10^5 \text{ Па}.$$

Все начальные параметры не зависят от координат.

Граничные условия при  $\tau > 0$ :

$$X = 0, 0 \leq Y \leq 1; Y = 0, 0 \leq X \leq 1: -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = \alpha(T_c - T_{\text{ж}});$$

$$X = 1, 0 \leq Y \leq 1; Y = 1, 0 \leq X \leq 1: -\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = \alpha(T_{\text{ж}} - T_c),$$

где  $T_c$  — температура поверхностей стенок плавильной печи;  $T_{\text{ж}}$  — температура окружающей среды;  $\alpha$  — эквивалентные коэффициенты теплоотдачи, учитывающие особенности расположения поверхностей.

Для подтверждения работоспособности предложенной упрощенной модели процессов тепломассообмена необходимо провести ряд численных экспериментов. Результаты численных вариантов температурных кривых сравнить с известными данными из литературных источников. И по результатам численных экспериментов предложить возможные варианты оптимизации процесса производства карбида кремния в печах сопротивления.

Литература:

1. Егоров, А. В. Расчет мощности и параметров электроплавильных печей: Учебное пособие для вузов. М.: МИСИС, 2000. 272 с.
2. Полубелова, А. С., Крылов В. Н., Карлин В. В., Ефимова И. С. Производство абразивных материалов. — СПб.: Машиностроение, 1968. — 180 с.
3. Марковский, Л. Я., Оршанский Д. Л., Прянишников В. П. Химическая электротермия. — Ленинград: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1952. — 408 с.
4. Закожурников, Г. С., Гаряев А. Б. Оценка потенциала энергосбережения в технологическом процессе плавки карбида кремния // Седьмая международная школа-семинар молодых учёных и специалистов Энергосбережение теории и практика, г. Москва, 13–17 октября 2014 г.
5. Кузеванов, В. С., Закожурников С. С., Гаряев А. Б. Оптимизация процесса плавки карбида кремния с целью повышения её производительности и снижения расхода электроэнергии // Промышленная энергетика. — 2015. — № 6. — с. 29–33
6. Кузеванов, В. С., Закожурникова Г. С., Закожурников С. С. Модель тепломассопереноса в печах при производстве карбида кремния // Альтернативная энергетика и экология. — 2015. — № 7. — с. 75–81.
7. Кузеванов, В. С., Закожурникова Г. С. Модель сушки пористого проницаемого материала при внутреннем нагреве // Альтернативная энергетика и экология. — 2013. — № 14. — с. 19–23.
8. Кузеванов, В. С., Закожурникова Г. С. Модель сушки пористого проницаемого материала при внутреннем нагреве // Письма в Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология». — 2014. — № 3 (4). — с. 37–38.
9. Кузеванов, В. С., Закожурникова Г. С. Общая модель для расчета поля давления в пористой среде с реагирующими компонентами // Известия ВолгГТУ. Серия Процессы преобразования энергии и энергетические установки. — 2014. — Т. 18 № 6 (145) — с. 106–110.
10. Кузеванов, В. С., Закожурникова Г. С. Расчет поля давления в пористой среде с реагирующими компонентами // Известия ВолгГТУ. Серия Процессы преобразования энергии и энергетические установки. — 2014. — Т. 18 № 6 (145) — с. 110–113.
11. Закожурникова, Г. С. Расчет поля давления в пористой среде с реагирующими компонентами / Материалы докладов X Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» 25–27 марта 2015. В 3 т. — Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2015. — Т. 2. — с. 33–34.



## Эффективность применения высокопрочного бетона при возведении железобетонных промышленных газоотводящих труб

Зулкарнеев Гафур Сулпанович, магистрант;  
Мелентьев Алексей Сергеевич, магистрант;  
Гафиятуллина Наиля Мударисовна, магистрант;  
Гуцкалов Илья Игоревич, магистрант  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

*На основе данных литературных источников рассмотрены эффективность применения ВПБ при возведении промышленных железобетонных дымовых труб, технология получения и сферы применения высокопрочного бетона. Выявлены основные закономерности влияния повышенных температур на характеристики физико-механических свойств высокопрочного бетона.*

**Ключевые слова:** промышленные трубы, высокопрочный бетон (ВПБ), ствол сооружения.

На сегодняшний день актуальным является вопрос реконструкции существующих и строительства новых зданий и сооружений для промышленных предприятий. Одними из наиболее сложных с точки зрения проектирования и возведения являются промышленные газоотводящие (дымовые и вентиляционные) трубы, которые используются в металлургическом комплексе, в энергетике, в химической промышленности и в других отраслях. Важным фактором влияния на работу таких сооружений является воздействие повышенных температур и агрессивной газовой среды. Для возведения таких сооружений перспективным представляется применение высокопрочного бетона. Однако закономерности изменения физико-механических свойств таких бетонов в условиях нагрева экспериментально изучены недостаточно [1].

В связи с этим отмечается особая важность в обосновании возможности применения новых и эффективных материалов для возведения и усиления железобетонных конструкций.

Эффективным для возведения промышленных газоотводящих труб представляется применение высокопрочного бетона (ВПБ). Благодаря уникальными свойствами ВПБ нашел применение при возведении таких строительных объектов как тоннель под Ла-Маншем, 125 — этажный небоскреб в Чикаго, мост через пролив Акаси в Японии с центральным пролетом 1900 м и многие другие здания и сооружения. В мире такой бетон получил название «*High Performance Concrete*» (бетон высокого качества).

Широкое внедрение в практику строительство получили модифицированные бетоны на основе органоминеральных модификаторов, которые придают бетону высокую эксплуатационную надежность в конструкциях, высокую (55...80 МПа) и сверхвысокую (выше 80 МПа) прочность, низкую проницаемость, повышенную коррозионную стойкость и долговечность [2]. Именно совокупность указанных факторов вызывает интерес к ВПБ, как к эффективному материалу для возведения промышленных железобетонных труб, в сравнении с традиционно применяемыми бетонами средних классов по прочности.

Объектом данного исследования является ствол железобетонной дымовой трубы высотой  $H=250$  м, проектируемый в двух вариантах — из обычного бетона класса В30 и из ВПБ класса В80. На основании рассмотрения результатов расчета и оценивается эффективность применения ВПБ.

Задачи исследования:

1. Оценить эффективность применения ВПБ для промышленных дымовых труб высотой 200 м;
2. Выполнить анализ и обобщение эффективных технологий получения и применения высокопрочного бетона на объектах в развитых странах.
3. Выявить на основе анализа литературных источников основные закономерности влияния повышенных температур на характеристики физико-механических и реологических свойств ВПБ;

### Эффективность применения ВПБ

В России на сегодняшний день в эксплуатации находятся более 2000 железобетонных дымовых и вентиляционных труб [3]. Они обслуживают более 15% ТЭС, из них более 40% находятся в эксплуатации от 35 до 55 лет, при эксплуатационном ресурсе 50 лет.

В дымовых и вентиляционных железобетонных трубах после 30 лет эксплуатации отмечается снижение прочности бетона до 30–50% [3]. Это обусловлено действием агрессивных отводимых газов, влиянием повышенных температур и влаги отводимых газов.

В настоящее время с появлением современных высокопрочных модифицированных бетонов нового поколения возведение промышленных труб из традиционного тяжелого бетона становится экономически менее выгодно [4]. Эффективной заменой может послужить ВПБ благодаря своим уникальным свойствам — высоким прочностным характеристикам, долговечности, морозостойкости и водонепроницаемости [4].

Проведенные исследования в работе [2, 4] подтверждает тот факт, что применение ВПБ приводит к экономии материала. Для труб высотой 250 м снижение рас-

хода бетона составляет 25%. При уменьшении толщины стен ствола дымовых труб при использовании ВПБ снижаются продольные усилия от веса сооружения до 20%, снижение температурных моментов в горизонтальных се-

чениях — до 29.5%, в вертикальных — до 48%. При этом суммарные горизонтальные перемещения уменьшаются до 10%. Показатели эффективности приведены на рис. 1 [2].

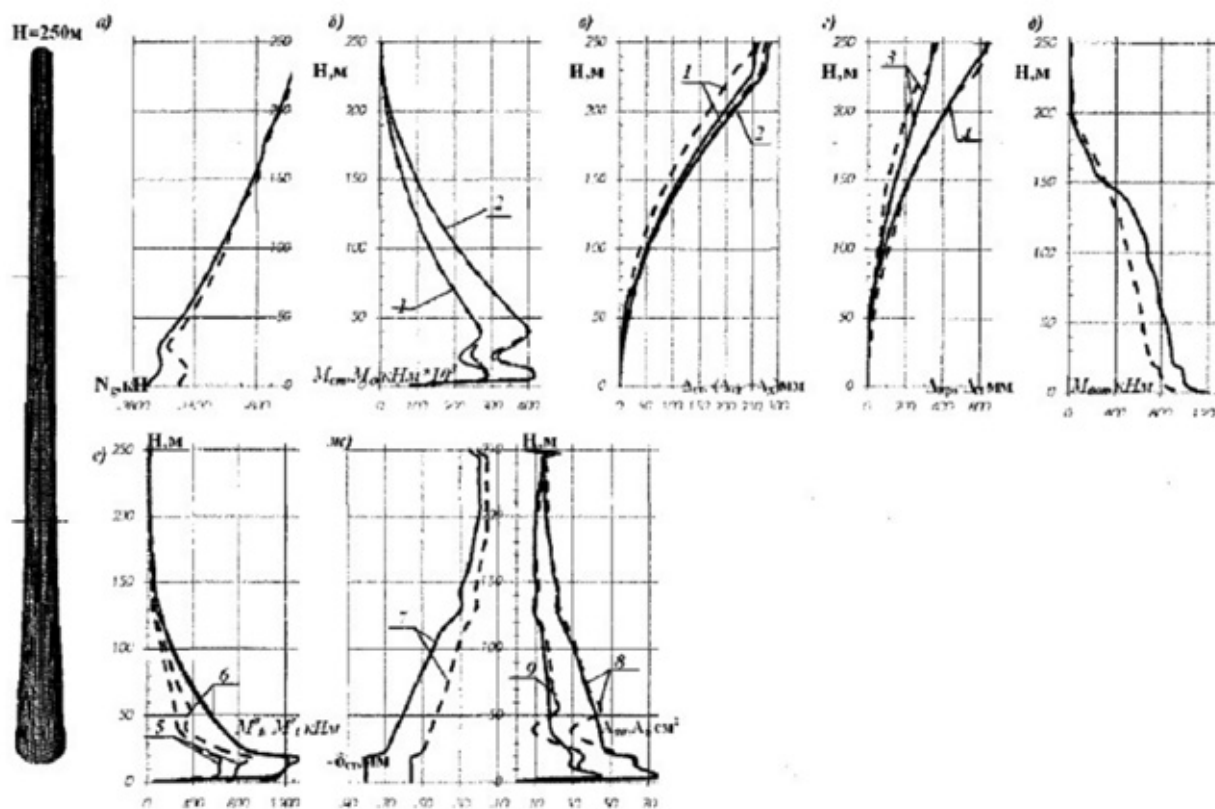


Рис. 1. Показатели эффективности применения ВПБ в промышленных железобетонных трубах H=250 м [2]

Таким образом, эффект от применения ВПБ для возведения стволов дымовой трубы возрастает с увеличением высоты сооружений. Для труб высотой H=250 м расчетное снижение расхода бетона может достигать 28% [4].

### Анализ технологии получения и сферы применения высокопрочного бетона

Высокопрочные бетоны применяют в промышленном, гражданском, энергетическом и других видах строительства. Применяют их для повышения несущей способности конструкций и изделий, для снижения расхода бетона и арматуры, снижения трудоемкости и стоимости строительства, повышения долговечности изделий и конструкций, а также для унификации опалубочных форм [5].

Наиболее эффективен высокопрочный бетон в конструкциях, работающих на сжатие, в которых достигается наибольшее снижение объема бетона и расхода арматурной стали. Целесообразно применять такие бетоны в изгибаемых предварительно напряженных конструкциях, особенно с облегченными сечениями (двутавровыми, тавровыми, пустотелыми и др.) и при повышении класса применяемой арматуры [5].

Также высокопрочный бетон используют для изготовления изделий и конструкций крановых и бескрановых колонн одноэтажных промышленных зданий, колонн нижних и средних этажей многоэтажных каркасных зданий, стропильных конструкций (балок, ферм, плит пролетом 18 и 24 м), а также для ребристых плит покрытий размером 3×12 м при нагрузках, превышающих 100 МПа, для подкрановых балок двутаврового сечения пролетом 6 и 12 м, ригелей, ребристых плит перекрытий, шахтной крепи, опор ЛЭП, тунингов, аэродромных плит, мостовых конструкций, напорных труб и др. [11]

В качестве вяжущего для изготовления высокопрочных бетонов применяют портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, шлакопортландцементы и их разновидности, соответствующие требованиям [6].

В качестве мелкого заполнителя используют пески, отвечающие требованиям [7]. Рекомендуется использовать крупно- и среднезернистые пески, содержащие минимальное количество глинистых и отмучиваемых примесей. При обеспечении требуемых характеристик бетонных смесей и бетонов путем введения суперпластификаторов и при соответствующем технико-экономическом обосновании допускается применять мелкие пески с модулем крупности  $M_{кр}$  не менее 1.0. [11]

В качестве крупного заполнителя применяется фракционированный щебень, удовлетворяющий требованиям [7]. Максимальная крупность зерен щебня должна быть не более 1/3 толщины изготавливаемой конструкции и не более 2/3 расстояния между элементами арматурных каркасов и не должна превышать 40 мм. Для приготовления высокопрочных бетонов рекомендуется щебень из прочных горных пород (граниты, диабазы, кремнистые известняки и др.), после дробления которых получают зерна с шероховатой поверхностью. Не рекомендуется использовать в качестве заполнителя гравий, а также щебень с гладкой поверхностью. Исходная горная порода, применяемая для приготовления щебня, должна иметь прочность при сжатии, как правило, не менее 100 МПа. При введении эффективных пластифицирующих добавок, соответствующем снижении В/Ц и технико-экономическом обосновании допускается использовать менее прочные горные породы с прочностью не ниже 80 МПа.

Для изготовления высокопрочных бетонов рекомендуются однокомпонентные и комплексные пластифицирующие добавки, перечень которых приведен в табл. 1. Пластифицирующие добавки вводят в бетонные смеси с целью снижения расхода воды (В/Ц) и обеспечения требуемой прочности бетона при использовании цементов наиболее распространенных марок (400...500), а также при применении заполнителей пониженной прочности. Добавки обеспечивают также снижение расхода цемента при сохранении неизменной удобоукладываемости смесей и постоянной прочности бетона, повышению экономичности и улучшению технических характеристик высокопрочных бетонов (усадки, трещиностойкости, длительной прочности и др.). Добавки эффективны при использовании материалов с повышенной водопотребностью (цементов с минеральными добавками, мелких песков), для увеличения подвижности смесей, что позволяет снизить длительность, трудоемкость и энергоемкость их укладки и уплотнения при формировании густоармированных конструкций и конструкций сложной конфигурации. Они служат также обеспечению требуемой при укладке подвижности смеси, особенно при повышенной ее температуре, без увеличения расхода цемента.

Для повышения однородности высокоподвижных и литых смесей, а также для снижения расхода цемента при изготовлении высокопрочных бетонов рекомендуется использовать дисперсные минеральные добавки (золы ТЭС по [8], гранулированные доменные и электротермофосфорные шлаки по [9]), ориентировочное количество которых принимается порядка 20...25% от массы песка и уточняется экспериментальным путем. Наиболее предпочтительны золы сухого отбора от сжигания каменных углей, содержащих незначительное количество несгоревшего топлива и характеризующиеся низкой водопотребностью и высокой гидравлической активностью.

Для улучшения физико-механических свойств бетона и повышения коррозионной стойкости стальной арматуры можно использовать химические добавки других видов,

включающие пластифицирующий компонент, а также минеральные добавки после предварительной проверки свойств бетонных смесей и бетонов, и технико-экономического обоснования целесообразности их применения.

Количество воды затворения, вводимой в бетонную смесь, уменьшается на количество воды, содержащейся в растворе добавки, которое определяют по формуле [11]:

$$B = \frac{D \cdot (100 - C)}{C}, \text{ л} \quad (1)$$

где  $D$  — количество добавки, вводимой в бетонную смесь в расчете на сухое вещество, кг;  $C$  — концентрация водного раствора добавки, %.

### Выявление основных закономерностей влияния повышенных температур на характеристики физико-механических свойств ВПБ

Известны экспериментальные исследования прочностных и деформационных свойств модифицированных бетонов прочностью 70 МПа, в том числе в условиях кратковременного и длительного нагрева до +200°C [1].

В качестве основных объектов исследования приняты образцы из мелкозернистого и тяжелого высокопрочного бетона с модификаторами МБ 10–50С и МБ 10–01 [3], содержащими микрокремнезем, золу-унос, суперпластификатор и регулятор твердения. Составы бетонов: тяжелого Ц: П: Ш — 1: 1,1: 2,2 при В/Ц- 0,3 с модификатором МБ 10–01 в количестве 20% от массы цемента (ОК — 21 см); мелкозернистого — Ц: П- 1: 1,8 при В Ц 0.26 с модификатором МБ 10–50С в количестве 10% от массы цемента (ОК ~ 25 см). Для приготовления смесей использовались: цемент М500 ОАО «Балцем», песок кварцевый Краснолиманского песчаного карьера, щебень гранитный Караньского карьера фракции 5...20 мм. вода водопроводная. В мелкозернистых бетонах использовался кварцевый песок Просяновецкого карьера с модулем крупности 1.9. Опытные образцы — кубы с ребром 100 и 150 мм, призмы размерами 100x100x400 и 150x150x600 мм. Условия хранения температура  $t^\circ$  —  $20 \pm 2^\circ\text{C}$  и относительная влажность  $W = 90 + 10\%$  [1].

Скорость повышения температуры при нагревании принималась равной 15°C/час, продолжительность кратковременного нагрева до начала прессовых нагружений при температурах +90°. +150° и +200°C составляла 15, 13 и 12 часов соответственно, что отвечает времени достижения минимальной прочности у обычных тяжелых бетонов при аналогичных температурах испытания [12]. Продолжительность для тельного нагрева составляла соответственно температурам испытания 21, 30 и 40 суток.

Температурные деформации удлинения модифицированного тяжелого бетона у образцов-призм размерами 150x150x600 мм при первом кратковременном нагреве до +190°, + 150° и + 200°C составили соответственно  $82 \cdot 10^{-5}$ ,  $128,9 \cdot 10^{-5}$  и  $166 \cdot 10^{-5}$ , при длительном нагреве —  $43,8 \cdot 10^{-5}$ ,  $93,9 \cdot 10^{-5}$  и  $129,2 \cdot 10^{-5}$ . Полные тем-

Таблица 1. Основные пластифицирующие добавки к высокопрочным бетонам [11]

Наименование добавки	Условное обозначение	Стандарт или ТУ на добавки	Ориентировочное количество добавки в расчете на сухое вещество, % массы цемента
Однокомпонентные			
Суперпластификаторы — разжижитель	С-3	ТУ 6-14-625-80 с изм № 1	0,4–0,8
	МФ-АР	ТУ 6-05-1926-82	0,4–0,8
	10-03	ТУ 44-3-505-81	0,4–0,8
Лигносульфонаты технические	ЛСТ	ОСТ 13-183-83	0,2–0,3
Упасенная последрождевая барда	УПБ	ОСТ 18-126-83	0,2–0,3
Комплексные			
Суперпластификатор — разжижитель + лигносульфонаты технические	С-3 + ЛСТ	ТУ 6-14-625-80 и ОСТ 13-183-83	(0,3–0,7) + (0,1–0,2)
Суперпластификатор — разжижитель + щелочной сток производства капролактама	С-3 + ЩСПК	ТУ 6-14-625-80 и ТУ 113-03-488-84	(0,3–0,7) + (0,1–0,2)
Лигносульфонаты технические + щелочной сток производства капролактама	ЛСТ + ЩСПК	ОСТ 13-183-83 и ТУ 113-03-488-84	(0,1–0,2) + (0,1–0,2)

Примечание: 1. Приведенные данные к бетонам на среднеалюминатных портландцементях (6...9% С<sub>3</sub>А) и портландцементях с добавкой шлака.  
 2. С увеличением содержания С<sub>3</sub>А более 9% и при переходе к быстротвердеющим цементам количество добавки повышается на 20% среднего значения, а при уменьшении С<sub>3</sub>А менее 6% — снижается на такую же величину;  
 3. При использовании портландцемента с активными минеральными добавками количество добавки увеличивается на 15% среднего значения.

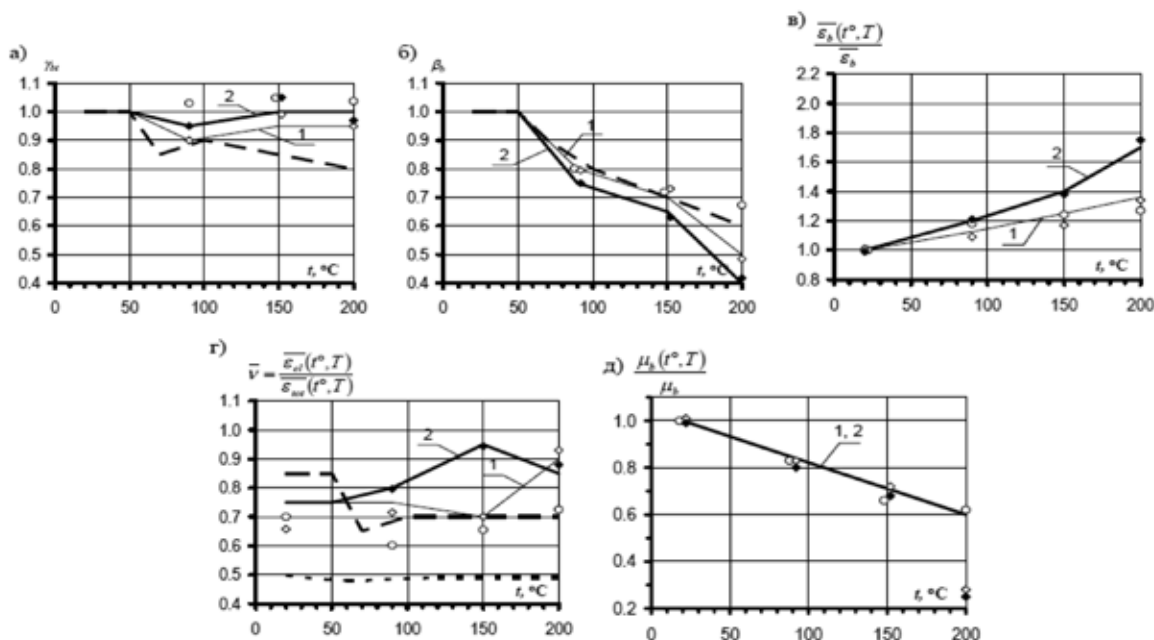


Рис. 2. Влияние повышенных температур на относительные изменения прочности (а), начального модуля упругости (б), предельной сжимаемости (в), коэффициента упругости (г) и коэффициента поперечных деформаций (д), высокопрочного модифицированного бетона при осевом сжатии [1]:

----- по рекомендациям СНиП 2.03.04-84 [5] для обычного тяжелого бетона;  
 ————— средние опытные значения;  
 ..... обычный тяжелый бетон, опыты [3].  
 1 – нагрев кратковременный; 2 – нагрев длительный



пературные деформации укорочения в остывшем состоянии после длительного нагрева составили соответственно температурам нагрева  $(-13,6) \cdot 10^{-5}$ ,  $(-11,0) \cdot 10^{-5}$  и  $(-6,5) \cdot 10^{-5}$ .

Относительные деформации температурной усадки бетона за период длительного изотермического нагрева при температурах  $+90^\circ$ ,  $+150^\circ$  и  $+200^\circ\text{C}$  составили  $38,2 \cdot 10^{-5}$ ,  $35,0 \cdot 10^{-5}$  и  $36,8 \cdot 10^{-5}$ .

Коэффициенты линейной температурной деформации  $\alpha_{bt}$ , для модифицированных бетонов при первом кратковременном нагреве в исследованном диапазоне температур оказались близкими по величине и составили порядка  $(9,2-11,7) \cdot 10^{-6}$  град $^{-1}$ , при длительном нагреве до температур  $+90^\circ$ ,  $+150^\circ$  и  $+200^\circ\text{C}$  их величины снизились до значений соответственно  $6,5 \cdot 10^{-6}$ ,  $7,2 \cdot 10^{-6}$  и

$7,2 \cdot 10^{-6}$  град $^{-1}$ . Кратковременный нагрев тяжелого бетона до температур  $+90^\circ$ ,  $+150^\circ$  и  $+200^\circ\text{C}$  привел, в сравнении с характеристиками при нормальной температуре, к снижению призмочной прочности соответственно на 10%, 3% и 4%, начального модуля упругости бетона на 21%, 27% и 52%, к увеличению предельной сжимаемости на 9%, 17% и 34% соответственно (рис. 1).

Длительный нагрев при тех же температурах обусловил частичное восстановление прочности бетона в сравнении с кратковременным нагревом до уровней соответственно 0,95, 1,05 и 0,98 от прочности не нагревавшегося бетона, уменьшение начального модуля упругости на 25%, 37% и 42% и увеличение предельной сжимаемости на 21%, 38% и 75% в сравнении с соответствующими значениями характеристик до нагревания.

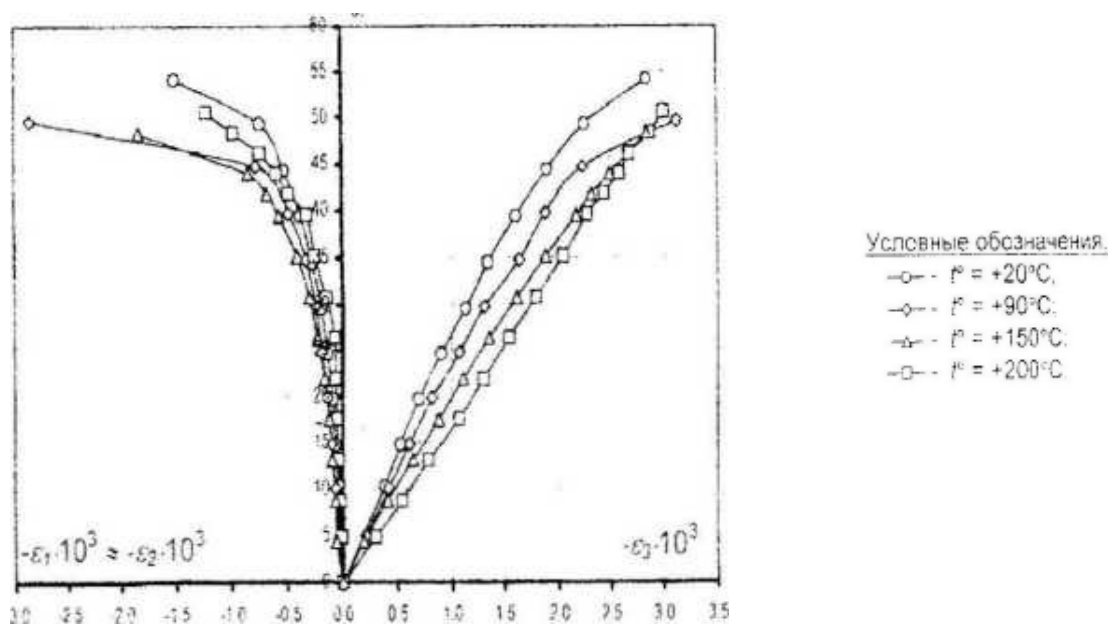


Рис. 3. Влияние кратковременного нагрева до  $+200^\circ\text{C}$  на линейные деформации высокопрочного тяжелого модифицированного бетона при осевом сжатии. [1]

Кратковременный нагрев мелкозернистого модифицированного бетона до температур  $+90^\circ$ ,  $+150^\circ$  и  $+200^\circ\text{C}$  не приводит к снижению прочности (прирост до 5%) по сравнению с ненагревавшимся бетоном, однако обуславливает снижение начального модуля упругости на 20%, 28% и 33% и увеличение предельной сжимаемости на 18%, 24% и 27% соответственно.

Значения коэффициентов поперечных деформаций  $\mu$  у модифицированного бетона на гранитном щебне при кратковременном нагреве до  $+90^\circ$ ,  $+150^\circ$  и  $+200^\circ\text{C}$  снижаются на 17%, 28% и 72% соответственно и существенно не зависят от продолжительности нагрева (рис. 1д). Данная характеристика у мелкозернистого бетона при тех же температурах нагрева снижается соответственно на 17%, 34% и 38% [1].

### Заключение

Применение высокопрочного бетона представляется возможным вследствие большого количества добавок, возможностью доступного производства, а также значительного превосходства над обычными видами бетонов. Это позволяет сократить вес конструкций и достигнуть высоких прочностных характеристик.

Результат исследования свидетельствует о хороших перспективах применения высокопрочного бетона при возведении промышленных железобетонных труб. По предварительным оценкам снижение расхода бетона для дымовых труб высотой 250 м может составить 25%, а уменьшение толщины стенок стволов — на 31% при незначительном изменении армирования.

## Литература:

1. Корсун, А. В., Мельник А. В., Недорезов А. В., Влияние повышенных температур на прочность и деформации высокопрочных модифицированных бетонов // Сборник докладов международной научно-технической конференции студентов. — Москва, 2008. — С. 142–146.
2. Каприелов, С. С., Батраков В. Г., Шейнфельд А. В. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива // бетон и железобетон. — 1999. — № 6 (501). — с. 6–10.
3. Рекомендации по применению материалов торговой марки «МАРЕИ» для ремонта и реконструкции дымовых и вентиляционных промышленных труб на энергопредприятиях.
4. Корсун, В. И., Волков А. С., Оценка эффективности применения высокопрочных бетонов для возведения дымовых труб // Макеевка, ДонНАСА. 2009.-с. 60–64.
5. Рекомендации по технологии изготовления и конструкций из высокопрочных бетонов
6. Косун, В. И., Волков А. С. Механические и реологические свойства высокопрочных модифицированных бетонов при осевом сжатии. — Харьков, ХНАГХ 2009. — с. 130–140.
7. ГОСТ 10178–85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия // Москва, 1987.
8. ГОСТ 26633–2012. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия // Москва, 2014.
9. ГОСТ 25818–91. Зола-уноса тепловых электростанций для бетонов // Москва, 1991.
10. ГОСТ 3476–74. Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов // Москва, 1975.
11. Рекомендации по технологии изготовления и конструирования из высокопрочных бетонов // Москва, 1987
12. Корсун, В. И., Корсун А. В., Волков А. С. Прочность и деформации высокопрочных мелкозернистых модифицированных бетонов в условиях кратковременного нагрева до +200оС // Одесса: ОДАБА 2007. — с. 207–212.
13. Зайченко, Н. М. Высокопрочные тонкозернистые бетоны с комплексно модифицированной микроструктурой // Макеевка, ДонНАСА. 2009.-с. 168–172.
14. Коробов, Л. А., Жарков А. Ф., Шерник А. О., Дымовые и вентиляционные трубы высотой 200–500 метров как пространственные сооружения. — М.: Компания Спутник +, 2006. — 246 с.
15. Мещерин, В.: «Высокопрочные и сверхпрочные бетоны: технологии производства и сферы применения». СтройПРОФИль № 8 (70) 2008.
16. Teichmann, Th., Bunje, K., Schmidt, M., Fehling, E.: Durability of Ultra High Performance Concrete (UHPC). Proceedings of the 6th International Symposium on Utilization of High Strength/High Performance Concrete, Leipzig 2002.
17. Мещерин, В. Высокопрочный и сверхпрочный бетон — технологии производства и сферы применения / В. Мещерин // ICCX Санкт-Петербург. — 2007. — с. 24–28.
18. Корсун, В. И., Корсун А. В., Влияние масштабного фактора и повышенных температур на прочность и деформации высокопрочного модифицированного бетона // Вестник МГСУ. 2014. № 3. с. 179–188.
19. Баженов, Ю. М., Мамаевский В. Н., Ершова Т. А. Высокопрочный бетон с химическими добавками // Бетон и железобетон. — 1977. — № 8. — с. 29–31.
20. Батраков, В. Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Технопроект, 1998. — 768 с.
21. Каприелов, С. С., Батраков В. Г., Шейнфельд А. В. Модифицированные бетоны нового поколения: реальность и перспектива // Бетон и железобетон. — 1999. — № 6. — с. 6–10.
22. Evandro Tolentino, Fernando S. Lameiras, Abdias M. Gomes, Claudio A. Rigo da Silva and Wander L. Vasconcelos. Effects of High Temperature of the Residual Performance of Portland Cement Concretes // Mat. Res. — 2002. — Vol. 5, № 3.
23. Galle, C., Sercombe J., Pin M., Arcier G. and Bouniol P. Behavior of High Performance Concrete Under High Temperature (60–450оС) for Surface Long-Term Storage: Thermo-Hydro-Mechanical Residual Properties // Mat. Res. Soc. Proc. — 2001. — Vol. 663.
24. Kodur, V. K. R., Wang T. C., Cheng F. P. and Sultan M. A. A model for evaluating the fire resistance of high performance concrete columns // 7th International Association of Fire Safety Science Symposium, Worcester, MA., June 2002, pp. 1013–1024.
25. Walter, H. Dilger and Changqing Wang. Shrinkage and Creep of High-Performance Concrete (HPC) — A Critical Review. Proceeding Las Vegas, June 12, 1995. Simposium of Concrete Technology.



## Экспериментальное исследование влияния геометрической формы локальных дисковых турбулизаторов на гидравлическое сопротивление в трубах

Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич, соискатель  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Проблема рационального и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов является одной из важнейших. С ростом энергетических мощностей и объема производства все более увеличиваются габариты применяемых теплообменных аппаратов. Создание более эффективных компактных теплообменников обеспечивает значительную экономию топлива, металлов и затрат труда [1].

Весомую роль в решении этих проблем может сыграть широкое внедрение эффективных методов интенсификации теплообмена в каналах при разработке и производстве теплообменных аппаратов и устройств в машиностроении. Теплообменные аппараты и устройства — важная составная и металлоемкая часть всех двигательных и энергетических установок. Они широко применяются в теплоэнергетике, в технологических процессах химической, нефтеперерабатывающей и пищевой промышленности.

Среди теплообменных аппаратов наиболее распространены трубчатые теплообменные аппараты. В масштабах страны на них расходуется огромное количество легированных и цветных металлов.

Опыт создания и эксплуатация различных теплообменных устройств показал, что разработанные в цикле исследований методы интенсификации теплообмена в каналах обеспечивают снижение габаритов и металлоемкости (массы) этих устройств в 1,5–2 и более раз, а также существенно уменьшается засоряемость и солеотложения в их каналах. Это 2–3 раза снижает затраты и трудоем-

кость эксплуатации, увеличивает ресурс и надежность. Предлагаемые методы интенсификации технологичны в производстве и при сборке теплообменных аппаратов и удобны в эксплуатации.

Таким образом, интенсификация теплообмена наиболее перспективный путь решения проблемы уменьшения массы и габаритов теплообменных аппаратов.

Новизна данной работы заключается в экспериментальном исследовании влияния геометрической формы локальных дисковых турбулизаторов на гидравлическое сопротивление в трубах.

### Схема измерений.

При проведении экспериментов измеряются: расход воды на входе в трубку, давление воды на входе и выходе из трубы. Коэффициент гидравлического сопротивления в трубе вычисляется по определенной в ходе эксперимента потере напора и известной относительной шероховатости трубки.

Значения основных параметров при экспериментальных исследованиях:

- расход воды,  $G=25 \div 600$  кг/час;
- температура входа теплоносителя,  $t_1' = 23^\circ\text{C}$ ;
- внутренний диаметр теплообменных трубок,  $d_b=0,016$  м;
- относительная шероховатость трубок,  $\Delta=0,1$  мм.

Геометрические параметры локального дискового турбулизатора:

- диаметр диска,  $d=8 \div 12$  мм;

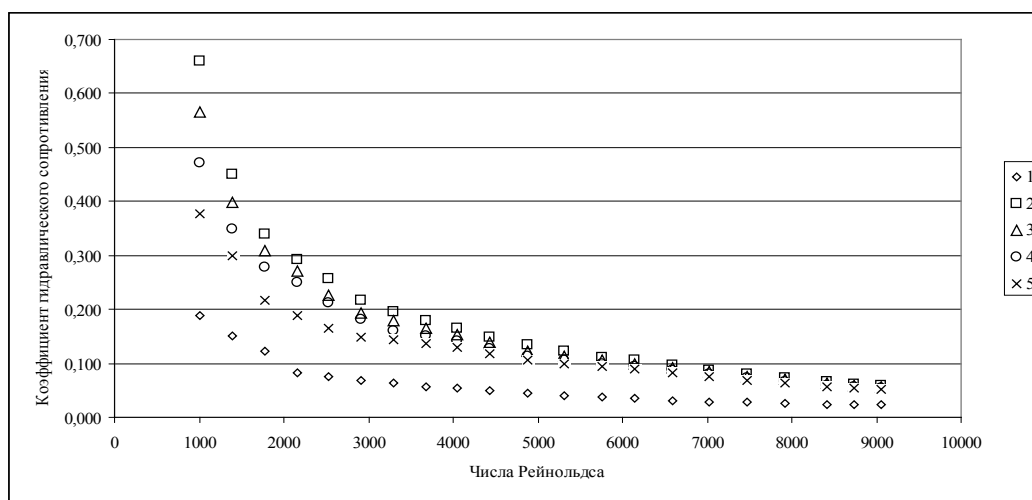


Рис. 1. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локального дискового турбулизатора при  $d=8$  мм и  $b=2$  мм: 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 40 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 80 мм; 5 — шаг 100 мм

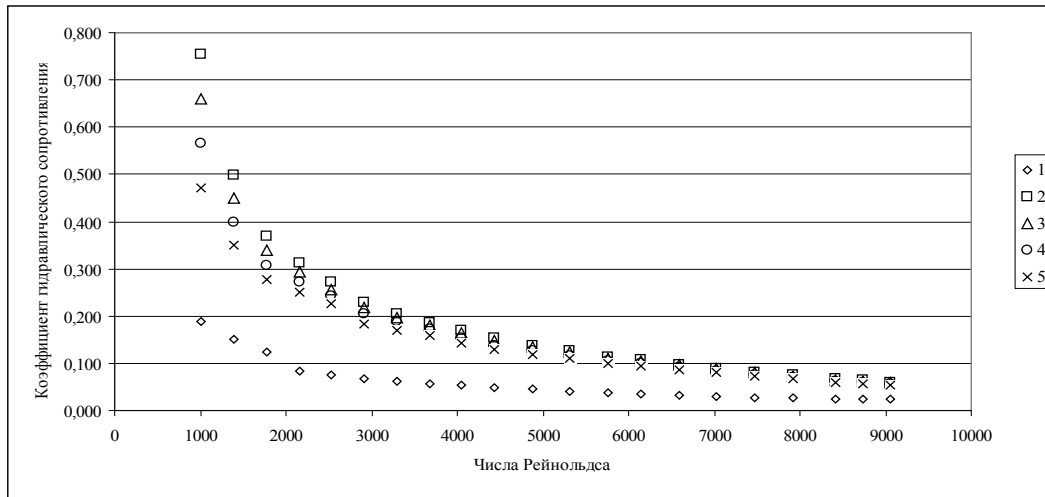


Рис. 2. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локального дискового турбулизатора при  $d=8$  мм и  $b=4$  мм: 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 40 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 80 мм; 5 — шаг 100 мм.

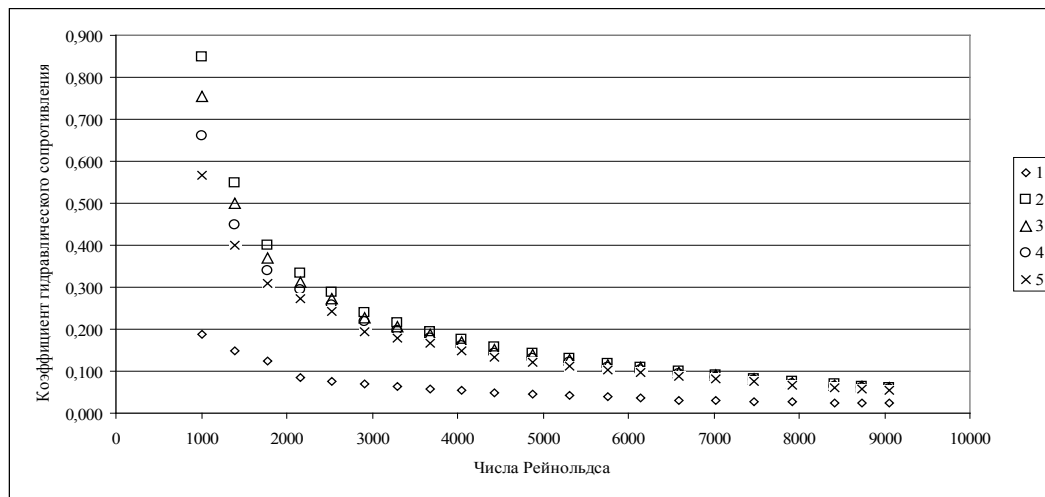


Рис. 3. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локального дискового турбулизатора при  $d=8$  мм и  $b=6$  мм: 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 40 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 80 мм; 5 — шаг 100 мм

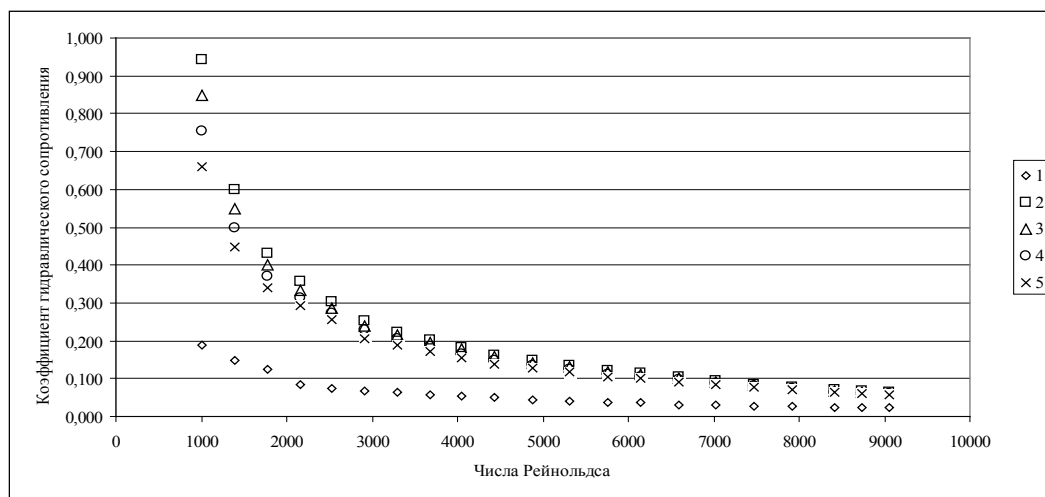


Рис. 4. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локального дискового турбулизатора при  $d=8$  мм и  $b=8$  мм: 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 40 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 80 мм; 5 — шаг 100 мм.

- ширина диска,  $b=2\div 10$  мм;
- шаг турбулизатора,  $s=40\div 100$  мм.

Для проведения исследований разработана экспериментальная установка на кафедры «Теплоэнергетика» (КариЭИ) [2]. По результатам проведенных экспериментов сформированы таблицы экспериментальных данных и по-

строены графики гидравлического сопротивления и числа Рейнольдса по длине трубки с локальными дисковыми турбулизаторами. Экспериментальные результаты получены на основе экспериментальных исследований, справедливы в пределах  $1000\leq Re\leq 10000$ . Характерный вид полученных зависимостей представлен на рис. 1–5.

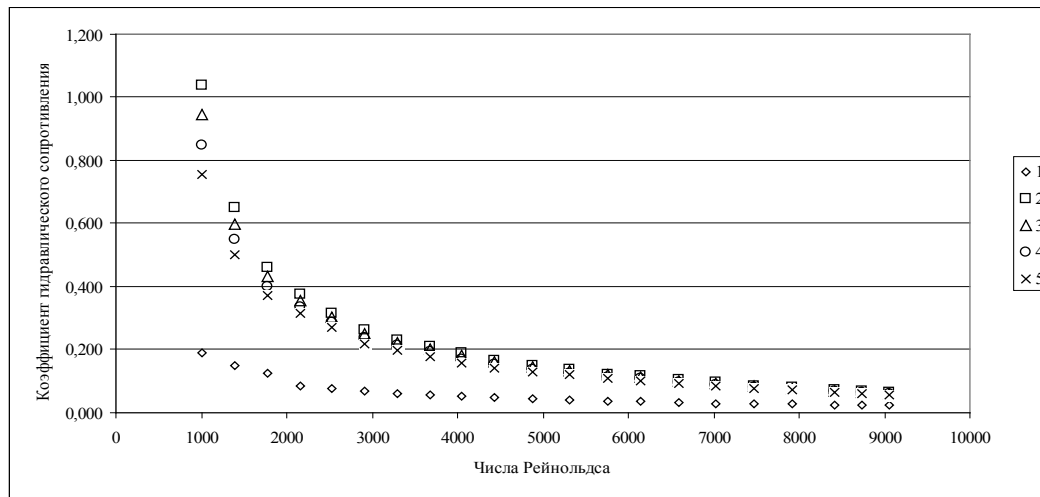


Рис. 5. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локального дискового турбулизатора при  $d=8$  мм и  $b=10$  мм: 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 40 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 80 мм; 5 — шаг 100 мм

Литература:

1. Кузма-Китча, Ю. А. Методы интенсификации теплообмена. М.: Изд-во МЭИ, 2001, 112 с.
2. Ибрагимов, У.Х., Бабаходжаев Р.П., Узатов Г.Н., Шомуратова С.М. «Экспериментальная установка для исследования процессов гидродинамики и теплообмена в трубках теплообменника». М.: Журнал Молодой учёный, № 3 (50), 2013 г. стр. 58–60.

## Исследование гидравлического сопротивления внутри труб с локальными турбулизаторами

Ибрагимов Умиджон Хикматуллаевич, соискатель  
Каршинский инженерно-экономический институт (Узбекистан)

Создание вихревого течения в каналах теплообменного аппарата позволяет значительно интенсифицировать процесс теплообмена и, тем самым, повысить энергетическую эффективность оборудования, а также уменьшить его размеры и массу. Одним из наиболее перспективных способов интенсификации является использование локальных турбулизаторов. Основными достоинствами интенсификаторов данного типа является:

- относительная простота изготовления и монтажа;
- локальный турбулизатор малозатратна;
- позволяет не изменить существующую технологию сборки трубчатых теплообменных аппаратов;

— срок окупаемость локального турбулизатора составляет 0,8 года.

Необходимо отметить, что использование локальных турбулизаторов в каналах теплообменного оборудования ТЭС приводит к изменению режима движения нагреваемого теплоносителя. Изменение режима возникает вследствие значительного расширения диапазона значений чисел Рейнольдса, соответствующих ламинарному с макро вихрями режиму движения.

Новизна данной работы заключается в экспериментальном исследовании процесса гидродинамики в потоке жидкости в каналах с локальными турбулизаторами в ди-

апазоне параметров, соответствующих режимам эксплуатации теплообменного оборудования ТЭС.

**Экспериментальная установка и методика проведения исследований.**

Экспериментальные исследования интенсификации теплообмена проводилась на экспериментальной установке ИТ-84. Экспериментальная установка предназначена для исследования и изучения процессов интенсификации гидродинамики и теплообмена в трубчатых теплообменных аппаратах. Принцип работе предлагаемой установки приведен в работе [1].

**Схема измерений.**

В процессы экспериментов измеряются расход воды на входе трубка, температура воды на входе трубка, давление воды на входе и на выходе. Коэффициент гидравлического сопротивления в трубе вычисляется по определенному в ходе эксперимента коэффициенту гидравлического сопротивления, известному коэффициенту гидравлического сопротивления в кольцевом канале и известному относительная шероховатость трубке.

Для определения расхода вода на входе экспериментального участка используются ротаметры РС-5, для измерения разности давления используются дифференциальный манометр, а в качестве вторичного прибора — U-образный манометр.

Экспериментальные исследования проводилась в следующем диапазоне основных параметров:

- состав теплоносителя — чистая очищенная вода;
- расход воды,  $G=15\div 210$  кг/час;
- температура входа теплоносителя  $t_1' = 23^\circ\text{C}$ ;
- давление воды — 10 атм.;
- внутренний диаметр теплообменных трубок,  $d_b=0,016$  мм;
- толщина стенок трубок,  $\delta=0,001$  мм;
- материал трубок — сталь;
- относительная шероховатость трубок,  $\Delta=0,1$  мм.

**Методика обработки экспериментальных данных.**

При изотермическом движении коэффициент гидравлического трения  $\lambda$  зависит от числа Re и от некоторой безразмерной величине, характеризующей пограничную геометрию потока. Под пограничной геометрией следует понимать не только форму поперечного сечения и его характерный линейный размер, но и геометрические характеристики поверхности канала — высота выступов шероховатости, их форма, взаимное расположение на поверхности, характерные течение потока, формы турбулизаторов различных конфигурацией установленных по ходу потока и т. д.

Для вычисления коэффициента гидравлического трения  $\lambda$  круглых труб в гидромеханике имеется набор теоретически обоснованных (полуэмпирических) и опытных расчетных формул:

а) для ламинарного режима течения ( $Re < 2300$ ) или в первой автомодельной области:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \tag{1}$$

т. е. величина  $\lambda$  не зависит от характеристики поверхности стенок. Это объясняется тем, что теплоноситель прилипает к стенкам, в результате чего происходит трение слоев теплоносителя, а не теплоносителя в стенку;

б) для переходной области от ламинарного к турбулентному течению

$$\lambda = 0,0025\sqrt[3]{Re} \tag{2}$$

Как видно из (2), коэффициент гидравлического трения в переходной области в отличие от ламинарной и турбулентной возрастает с увеличением числа Рейнольдса.

в) для турбулентного режима течения коэффициент гидравлического трения может вычисляться по формуле Прандтля

$$\lambda^{-0,5} = 2,0 \lg(Re \lambda^{0,5}) - 0,8 \tag{3}$$

которая хорошо согласуется с экспериментальном в интервале чисел Re от  $10^4$  до  $5 \times 10^6$ . Однако формула (3) неудобно в расчетах, так как величина  $\lambda$  не выражается в явном виде, более удобна формула

$$\lambda = (1,82 \lg Re - 1,64)^{-2} \tag{4}$$

дающая практически одинаковые результаты с формулой (3) в указанном диапазоне чисел Re.

При числах  $Re < 10^4$  широко используется также формула Блазиуса

$$\lambda = 0,3164 Re^{-0,25} \tag{5}$$

соответствующая течению в гидравлических гладких трубах, при котором ядро потока не касается выступов шероховатостей.

Важно этапом экспериментальных исследований было проведение цикла экспериментов по определению величины гидравлических потерь внутри трубах при применении локальных турбулизаторов. Было проведено серийной эксперимент для исследования гидродинамике внутри трубах при различных конструкциях, конфигурациях, геометрических размерах и различных шагах локальных турбулизаторов.

**Результаты экспериментальных исследований.**

По результатам проведенных экспериментов сформированы таблицы экспериментальных данных и построены графики гидравлического сопротивления и числа Рейнольдса по длине трубки с локальными турбулизаторами. При проведенные эксперимента в первом серии геометрические параметры и конфигурации турбулизатора принимается постоянной и изменяется только шаг и конструкции локального турбулизатора. Характерный вид полученных зависимостей представлен на рис. 1–7.

Результаты исследований гидродинамики потока воды в трубке с использованием разработанных локальных турбулизаторов показали, что главным фактором, влияющим на процесс, являются геометрическая форма, конфигурация пустотела, шаг пустотела, а также диаметр проволоки. Экспериментальные результаты получены на основе экспериментальных исследований, справедливы в пределах  $1000 \leq Re \leq 10000$ .

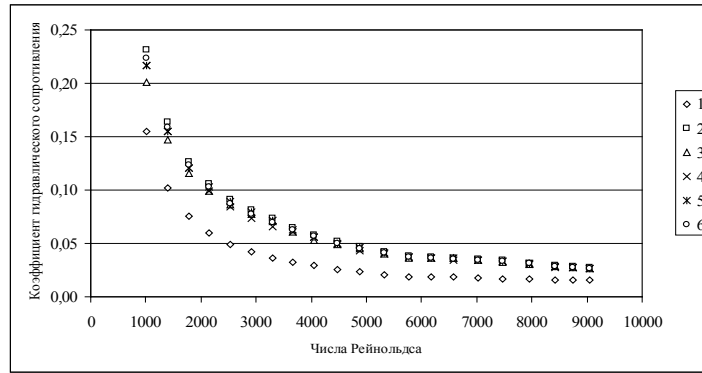


Рис. 1. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локальных турбулизаторов (турбулизатор прямоугольный): 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 50 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 75 мм; 5 — шаг 90 мм; 6 — шаг 100 мм

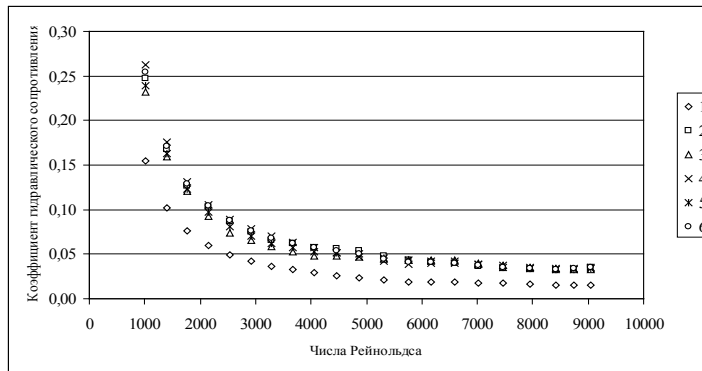


Рис. 2. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локальных турбулизаторов (турбулизатор квадратный): 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 50 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 75 мм; 5 — шаг 90 мм; 6 — шаг 100 мм

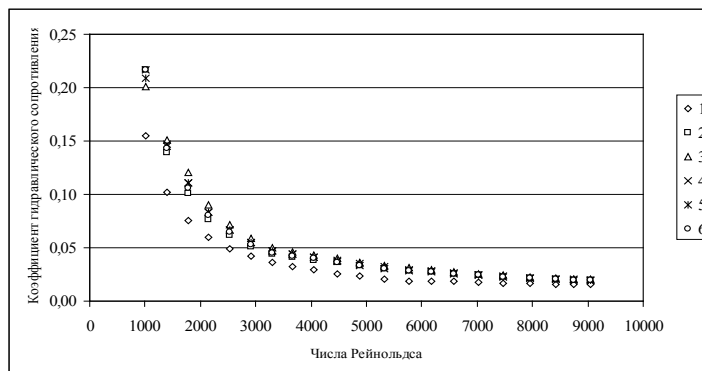


Рис. 3. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локальных турбулизаторов (турбулизатор конусообразный): 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 50 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 75 мм; 5 — шаг 90 мм; 6 — шаг 100 мм

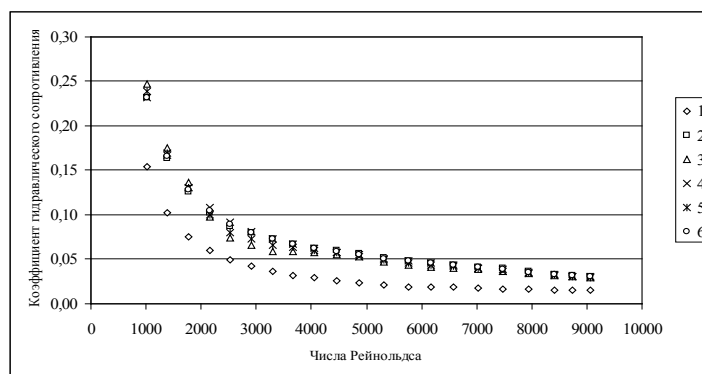


Рис. 4. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локальных турбулизаторов (турбулизатор ромбообразный): 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 50 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 75 мм; 5 — шаг 90 мм; 6 — шаг 100 мм

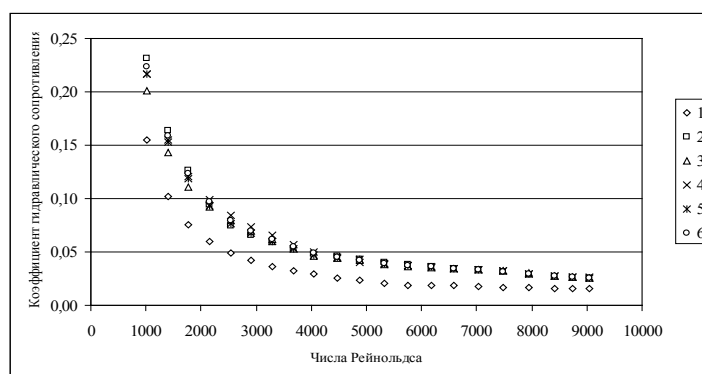


Рис. 5. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локальных турбулизаторов (турбулизатор дисковый): 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 50 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 75 мм; 5 — шаг 90 мм; 6 — шаг 100 мм

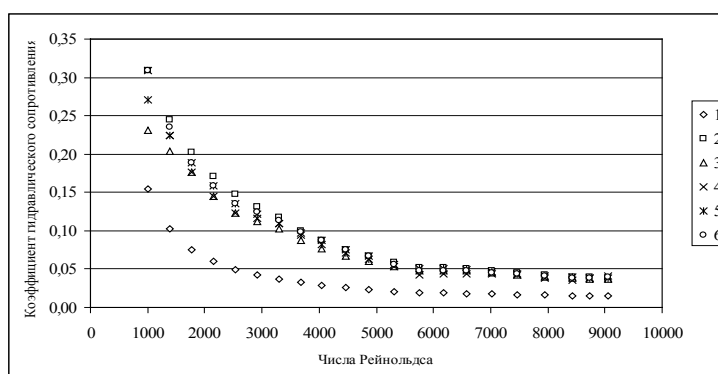


Рис. 6. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локальных турбулизаторов (турбулизатор шарообразный): 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 50 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 75 мм; 5 — шаг 90 мм; 6 — шаг 100 мм



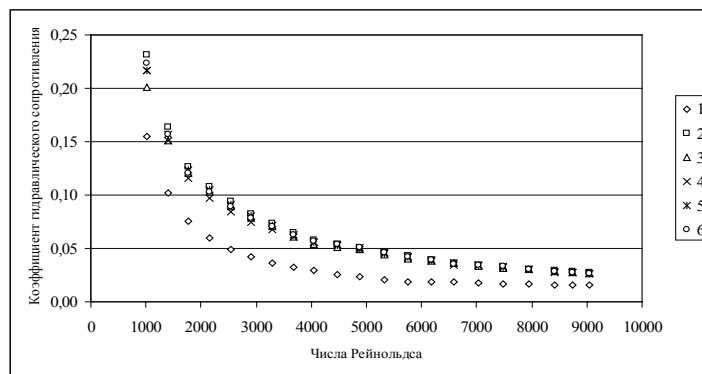


Рис. 7. Изменение коэффициента гидравлического сопротивления при различных шагах локальных турбулизаторов (турбулизатор овальный): 1 — гладкая металлическая трубка без локальных турбулизаторов; 2 — шаг 50 мм; 3 — шаг 60 мм; 4 — шаг 75 мм; 5 — шаг 90 мм; 6 — шаг 100 мм

Таким образом, используя разработанную конструкцию локальных турбулизаторов в определенных условиях, можно достичь повышения турбулизации потока жидкости в трубках теплообменников с относительно небольшим увеличением гидравлического сопротивления канала примерно 25–40%.

Литература:

1. Ибрагимов, У.Х., Бабаходжаев Р.П., Узиков Г.Н., Шомуратова С.М. «Экспериментальная установка для исследования процессов гидродинамики и теплообмена в трубках теплообменника». М.: Журнал Молодой учёный, № 3 (50), 2013 г. стр. 58–60.
2. Дахин, С.В. Расчет рекуперативных теплообменных аппаратов непрерывного действия. Воронеж: ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет», 2008. 110 с.

На наш взгляд появляется перспектива использования данной конструкции локальных турбулизаторов с целью интенсификации процесса теплообмена и снижения темпа образования отложений, т. к. колебательное движение локальных турбулизаторов создает в объеме трубки вихревые течения.

## Моделирование распределения температурных полей и процесса набора прочности бетонной смеси при зимнем бетонировании буронабивных свай

Иванов Кирилл Юрьевич, магистрант  
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

В данной статье, рассмотрены физико-механические процессы распределения температуры и набора прочности при бетонировании буронабивных свайных фундаментов в зимний период строительства. На основании проектных данных была смоделирована расчетная схема описанных процессов в программном комплексе ELCUT с надстройкой WinConcret. Основываясь на расчетные данные компьютерного моделирования, был сделан вывод о необходимости проведения мероприятий по защите части конструкции, выдерживание бетонной смеси которой производится при контактировании с промерзшим грунтом по защите от деструктивных процессов.

**Ключевые слова:** буронабивная свая, основания и фундаменты, распределение температуры, зимнее бетонирование, шарнирное опирание ростверка на сваю, моделирование теплофизических процессов в строительных конструкциях, набор прочности бетонной смеси.

В современном строительстве основания и фундаментов задний и сооружений лидирующую позицию занимает устройство буронабивных свайных фундаментов. Темпы

строительства стремительно растут, появляется необходимость в производстве свайных работ зимой и оптимизации технологий целью описания параметров производства

работ. Проблема производства буронабивных свайных работ в зимний период строительства заключается в отсутствии численного описания параметров зимнего бетонирования буронабивных свай, определения распределения температуры и набора прочности бетона в грунте с целью предотвращения деструктивных процессов в теле сваи.

Для этих целей подходит метод компьютерного моделирования в программном комплексе ELCUT с надстройкой WinConcret.

### Постановка задачи

Под зимнем бетонирование понимается производства работ при температуре наружного воздуха ниже 5° С и минимальной суточной температуре ниже 0° С [1, с. 9].

При устройстве буронабивных свайных фундаментов в зимний период строительства необходимо учесть возможность промерзания оголовка сваи на глубину промерзания грунта.

Под воздействием наружной среды, грунт, который подлежит бурению с последующим проступанием бетонной смеси в тело скважины, промерзает. Его температура становится отрицательной.

Бетонная смесь, поступающая в тело скважины, в зависимости от технологических особенностей принятого метода, имеет положительную температуру.

Суть задачи заключается в компьютерном моделировании процессов распределения положительной температуры бетонной смеси в грунте, имеющем отрицательную температуру с целью получения графика распределения температуры бетонной смеси в различные моменты времени в различных частях конструкции буронабивной сваи.

Для решения данной задачи, были приняты начальные данные, на основании проекта, разработанного ЗАО «Институт «Трансэкопроект» для объекта строительства: «Строительство набережной Макарова от Адмиральского проезда до ЗСД»

К начальным данным также относится:

Диаметр буронабивной исследуемой сваи, **d = 0,4 м**;

Длина буронабивной исследуемой сваи, **L = 21 м**;

По проекту класс прочности бетона задается равным В25;

Глубина промерзания назначается равной расчетной глубине промерзания, рассчитанной по формуле 2, которая зависит от нормативной глубины промерзания, в соответствии со СНиП 2.02.01–83\* [2, с. 5] и рассчитывается по формуле:

$$d_{fn} = d_0 \sqrt{M_t}, \quad (1)$$

Где:  $M_t$  — безразмерный коэффициент, численно равный сумме абсолютных значений среднемесячных отрицательных температур за зиму в данном районе, принимаемых по СНиП по строительной климатологии и геофизике, а при отсутствии в них данных для конкретного пункта или района строительства — по результатам наблюдений гидрометеорологической станции, находя-

щейся в аналогичных условиях с районом строительства,  $\sqrt{M_t} = 4,28$  для г. Санкт-Петербург;

$d_0$  — величина, принимаемая равной, м, для песков средней крупности — 0,30.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта  $d_f$  м, определяется по формуле

$$d_f = k_h d_{fn}, \quad (2)$$

где:  $d_{fn}$  — нормативная глубина промерзания, определяемая по формуле 1;

$k_h$  — коэффициент, учитывающий влияние теплового режима сооружения, принимаемый: для наружных фундаментов отапливаемых сооружений — по [2, с. 5] —  $k_h = 1,1$ ;

$$d_{fn} = 0,3 \cdot 4,28 = 1,28 \text{ м};$$

$$d_f = 1,1 \cdot 1,28 = 1,4 \text{ м};$$

Температура подачи бетонной смеси,  $t_h = 10^\circ \text{C}$ ;

Температура наружной среды,  $t_v = -10^\circ \text{C}$ ;

Температура на глубине промерзания,  $t_p = -5^\circ \text{C}$ ;

Температура  $t_p, t_p$ , по предложению Б.А. Красовицкого и А.П. Шадринной [3, с. 99–108], температурный интервал, в котором происходят фазовые процессы за счет связанной влаги, можно принять от 0 до  $-5^\circ \text{C}$ .

Температура ниже глубины промерзания на глубине **h = 2,5 м,  $t_g = 4^\circ \text{C}$** ;

Время выдерживания конструкции назначается 28 суток.

Моделирование распределения температуры бетонной смеси и грунта было принято с шагом интегрирования,  $n=6$  часов.

Расчетная схема представлена на рисунке 1.

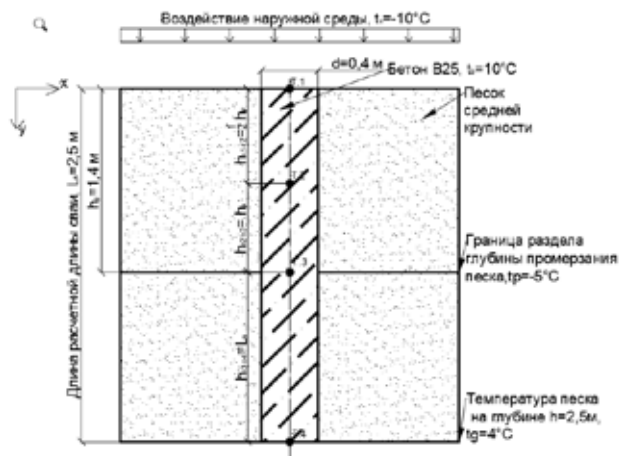


Рис. 1. Расчетная схема буронабивной сваи

Граничные условия:

1. Изменением температуры бетонной смеси с момента начала её укладки и до окончания процесса можно пренебречь;
2. Температурное поле в прилегающем грунте за время бурения скважины и время укладки перестроиться не успело;

Студенческая версия программного комплекса ELCUT способна произвести расчет только для 255-и конечных

элементов. Для обеспечения данного условия расчет производится для сваи длиной 2,5 м, т. к. на глубине более 2,5 м процессы распределения температурных полей и набора прочности бетона происходят при нормальных условиях.

### Моделирование процессов распределения температуры бетонной смеси и грунта и набора прочности бетонной смеси

В основе моделирования технологического проектирования процессов обогрева и выдерживания бетона монолитных конструкций на стройплощадке [5. с. 28–35] лежит моделирование тепловых полей в сечениях монолитных конструкций и сопряженные с ним прочностные расчеты бетона, и не редко — расчёт по температурным деформациям. Твердеющий бетон — очень нелинейный материал и напрямую его температурно-прочностное поведение невозможно считать ни в одном из существующих программных комплексов. Кроме того, будучи универсальными, ни один из них не посчитает специфический показатель прочности бетона и не предоставит удобных инструментов для описания технических моментов по управлению процессом выдерживания. Тем не менее, основы для реализации этого есть, в том числе и в ELCUT. На базе программного интерфейса ELCUT (технологии ActiveField) создана специализированная надстройка WinContret [6], с помощью которой разрешается большой круг проблем с моделированием температурно-прочност-

ного состояния бетона конструкций при выдерживании, в том числе при различных видах прогрета.

Моделирование процессов распределения температуры бетонной смеси и грунта по заданной на рисунке 1 расчетной схеме производится в программном комплексе ELCUT по методу конечных элементов (МКЭ). На рисунке 2 представлена расчетная схема в программе.

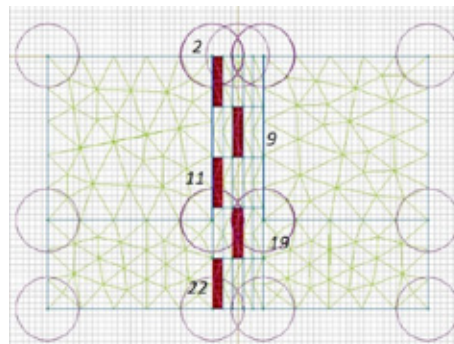


Рис. 2. Расчетная схема в программном комплексе ELCUT. 2, 9, 11, 19, 22 — номера блоков сваи

После проведения расчета с шагом интегрирования  $n=6$  часов, в программе происходит построение диаграмм, описывающих распределение температуры в бетонной смеси и грунте. Данные диаграммы представлены на рисунках 3–6.

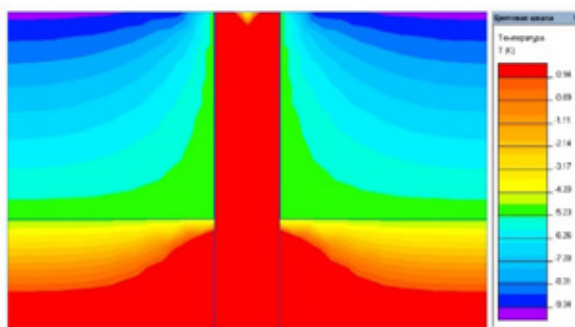


Рис. 3. Распределение при 0 часах

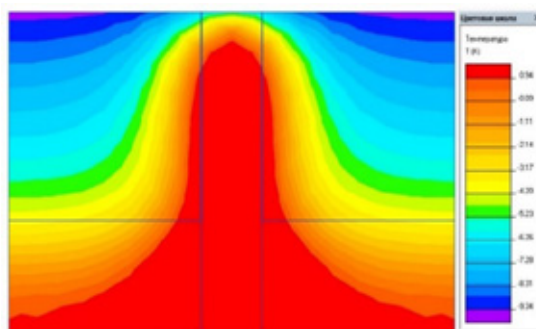


Рис. 4. Распределение при 6 часах

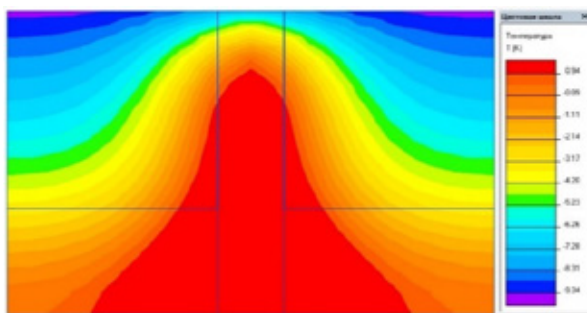


Рис. 5. Распределение при 12 часов

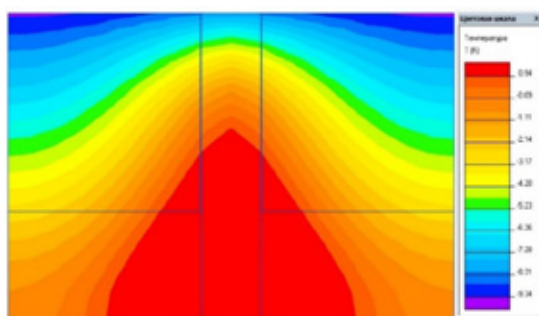


Рис. 6. Распределение при 18 часов

На основании данных, представленных в диаграммах распределения температуры в программном комплексе ELCUT был получен график распределения температуры

в точках конструкции № т. 1, т. 3, т. 3, т. 4, указанных на расчетной схеме.

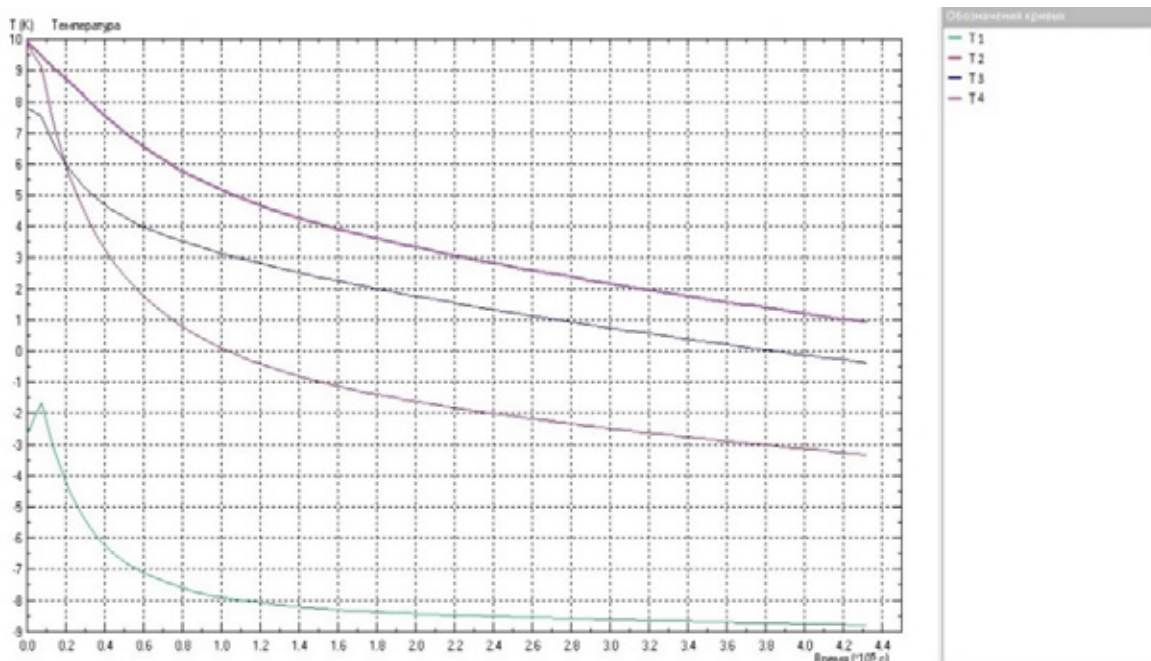


Рис. 7. График распределения температуры в бетонной смеси в процессе выдерживания в точках № т. 1, т. 2, т. 3, т. 4

Для расчета набора прочности используется надстройка WinConcret. Нумерация блоков конструкции бу-

ронабивной сваи представлена на рисунке 2.



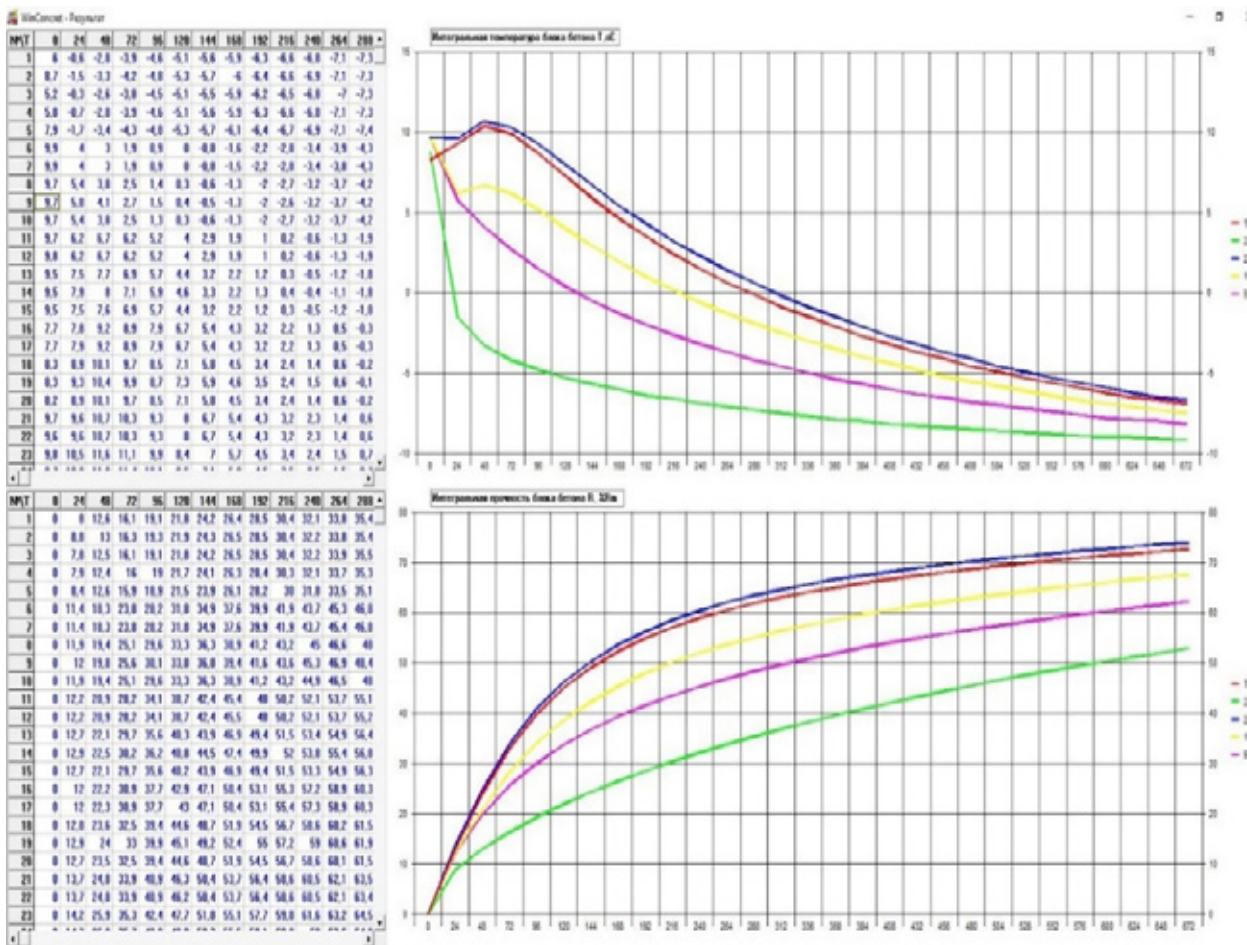


Рис. 8. Графики изменения интегральной температуры блоков конструкции и интегральной прочности бетонной смеси

Анализируя данные графика, можно сделать вывод от невозможности набора прочности бетона в блоках конструкции № 2, 9, 11, контактирующих с промерзшим грунтом, так как критическая прочность бетона на момент замораживания бетонной смеси не соответствует условию — прочность бетона частей конструкций, расположенных в деятельном слое грунта, до заморзания должна составлять не менее 70% проектной прочности. проектной прочности [4, с. 58–67]. Для предотвращения деструктивных процессов рекомендуется применить регулируемые методы бетонирования и обеспечить термоизоляцию оголовка сваи, контактирующего с наружной средой.

**Практическая применимость данного исследования**

Рассматривая технология производства буронабивных свайных работ, можно сделать вывод, что проектная прочность необходима не всем частям конструкции буронабивной сваи.

Сопряжение свайного ростверка со сваями бывает свободно опирающимся и жестким. Свободное опирание ростверка на сваи должно учитываться в расчете как шар-

нирное сопряжение и при монолитных ростверках должно выполняться путем заделки голов свай в ростверке на глубину 5–10 см. Заделка выпусков арматуры в ростверке в этом случае не обязательна. При жестком опирание ростверка на буронабивную сваю необходимо оголять армату для последующей связи с арматурным каркасом ростверка. Из опыта строительства эта величина применяется в диапазоне от 30 до 100 см. Учитывая тот факт, что при оголении арматуры исследованная часть конструкции буронабивной сваи будет демонтирована, применять регулируемый метод бетонных работ буронабивных свай в зимний период является нецелесообразно, поэтому шарнирный метод опирание ростверка на буронабивную сваю является приоритетным.

**Заключение**

1. Рассматривая современные проблемы зимнего бетонирования буронабивных свайных фундаментов без применения регулируемых методов бетонирования, можно прийти к выводу, что часть сваи, контактирующая с промерзшим грунтом, не способна, к окончанию момента выдерживания, набрать проектную прочность.

2. Для предотвращения деструктивных рекомендуется обеспечить защиту части конструкции, контактирующей с промерзлым грунтом от промерзания.

3. С технологической точки зрения, осуществлять мероприятия по регулируемому режиму набора проч-

ности оголовка сваи необходимо в случаях шарнирного способа сопряжения сваи и ростверка при условии, что после выдерживания сваи не будет производиться срубка оголовка сваи с целью оголения выпусков арматурного каркаса.

Литература:

1. СНиП 3.03.01–87. Несущие и ограждающие конструкции.
2. СНиП 2.02.01–83\*. Основания и фундаменты.
3. Красовицкий, Б. А., Шадрин А. П. Осесимметричная задача о протаивании мерзлого грунта вокруг скважины. Сб. «Теплофизика и механика материалов, природных сред и инженерных сооружений при низких температурах» Часть 1 Теплофизика и механика природных сред и материалов. Якутск, 1974. — с. 99–108. (Ин-т физико-техн. проблем Севера Восточно — Сибирского отд — ПИЯ РАН)
4. Завалишина, Т. В. Расчетное обоснование параметров зимнего бетонирования типовых кустов буронабивных свай / Т. В. Завалишина // Изв. вузов. Стр.-во. 2002. — № 7. — с. 58–67.
5. Зиневич, Л. В. Применение численного моделирования при проектировании технологии обогрева и выдерживания бетона монолитных конструкций // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 2. с. 28–35.
6. <http://www.winconcret/project.htm#func>. // URL: (дата обращения: 10.04.2016).

## Анализ клавиатурного почерка в процессах аутентификации, идентификации и обнаружения подмены оператора

Казанцев Иван Сергеевич, студент

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

*В статье клавиатурный почерк рассматривается в качестве одной из динамических поведенческих биометрических характеристик человека. Развитие новых моделей, методов, алгоритмов распознавания клавиатурного почерка на основе анализа существующих экспериментов и программных средств позволят повысить точность и качество функционирования систем идентификации и аутентификации.*

**Ключевые слова:** *клавиатурный почерк, оператор ключевой системы, биометрическая характеристика, нажатие на клавиши.*

Проведено исследование методов идентификации и аутентификации по клавиатурному почерку. Использование методов поведенческой биометрии, основанной на клавиатурном почерке, в отличие от методов физиологической биометрии не требует приобретения дополнительных биометрических устройств. Образец клавиатурного почерка может быть получен с помощью существующих систем, таких как стандартная клавиатура. Это делает эти методы недорогими и ненавязчивыми для оператора, а также может быть применено тайно, что позволит улучшить существующие компьютерные системы обеспечения безопасности.

Отмечено, что основу исследованию клавиатурного почерка положило исследование работы операторов телеграфа. В середине 19-го столетия, когда телеграф часто использовался, было замечено, что операторы телеграфа могли идентифицировать других операторов по их ритму набора. Метод «Fist of the Sender» («Кулак отправителя») использовался во время Второй мировой войны

для идентификации отправителя телеграфного сообщения по ритму, темпу и времени нажатия телеграфного ключа [1]. Вуан и Хартер [2] провели ряд экспериментов на тридцати семи телеграфных операторах, имеющих различные степени умения набора. Они отметили, что телеграфные операторы могли узнать других операторов по стилю набора.

Проведен анализ исследований в области распознавания клавиатурного почерка. В начале 80-ых Национальный научный фонд и Национальное Бюро Стандартов в Соединенных Штатах провели исследования, устанавливающие, что образцы клавиатурного почерка содержат уникальные особенности, которые могут быть идентифицированы [3]. Shaffer [4] показал, что набор текста является запрограммированным умением и, что движения при печати организуются до их фактического выполнения. Иванов А.И. в своих трудах показал, что при наборе текста на клавиатуре одной рукой оказываются задействованы около 50 мышц пальцев руки и пальцев предплечья



и еще примерно 20 мышц плеча и плечевого пояса [5], т. е. при печати двумя руками человек управляет примерно 140 мышцами. Поэтому образец почерка человека является поведенческой особенностью, которая развивается с течением времени и, таким образом, не может быть изменена, потеряна или забыта. В любой поведенческой биометрической характеристике могут наблюдаться большие изменения в особенностях характеристики. Однако они предоставляют достаточно информации, чтобы идентифицировать и определять подлинность личности по шаблону почерка [6].

Купер [7] был первым исследователем машинописного набора текста, который разбил процесс набора текста на четыре стадии: восприятие человеком текста, сохранение его в памяти, перевод человеком сохраненных в его памяти символов в команды, передаваемые мышцам, непосредственно набор текста с процедурой обратной связи, необходимой для проверки точности набора текста.

Salthouse [8] доработал и улучшил предложенную Купером модель процесса набора текста машинистом. Butsch [9] определил, что «интервал копирования», т. е. количество текста сохраняемое в памяти оператора при наборе зависит от опытности и умений оператора. Использование памяти в качестве краткосрочного буфера перед печатанием было доказано экспериментами, прово-

димыми Thomas и Jones [10]. Купер продемонстрировал в своих исследованиях, что операторы разбивают текст на маленькие предсказуемые группы, из-за ограничений на размер буферной памяти. В исследовании, проводимом Shaffer [4], он выявил, что существует внутренний регулярный ритм набора определенных последовательностей символов. Он предположил, что клавиатурный почерк не является фиксированной характеристикой человека, а постоянно изменяется. Он также заметил, что процесс набора основан на знании переходов и движений между клавишами, и, что движения мышц при нажатии на клавиши организованы до их фактического выполнения. Интервалы между последовательными нажатиями клавиши для опытных операторов, как показали наблюдения, были меньшими, чем у операторов с низкой квалификации. Gaines R. S., Lisowski W., Press S. J. and Shapiro N. доказали, что скорость, с которой перемещаются пальцы вдвое быстрее у опытных машинистов, чем у неопытных [11].

На основании проведенного анализа вышеперечисленных исследований предложено считать клавиатурный почерк индивидуальной и уникальной для каждого человека поведенческой биометрической характеристикой. Предложено использовать шаблон клавиатурного почерка в качестве идентификатора оператора ключевой системы.

#### Литература:

1. J. R. Vacca, Biometric Technologies and Verification System. / J. R. Vacca // Butterworth — Heinemann, 1 edition, 2007—656 p.
2. W. L. Bryan, Studies in the physiology and psychology of the telegraphic language. / W. L. Bryan, N. Harter. // Psychological Review — 4 (1), 1987 — pp. 27—53.
3. L. F. Coppentrath and Associates Biometric Solutions By Classification. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.lfca.net/Reference %20Documents/Biometric %20Solutions %20By %20Classification. pdf](http://www.lfca.net/Reference%20Documents/Biometric%20Solutions%20By%20Classification.pdf), 2001, свободный — Яз. англ. (дата обращения: 1.04.2016).
4. L. H. Shaffer, Timing in the motor programming of typing. / L. H. Shaffer // Quarterly Journal of Experimental Psychology, 1978 — V. 30. N2. — pp. 333—345.
5. Иванов, А. И., Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений. / Иванов А. И. — Пенза: Изд — во Пенз. Гос. Ун — та, 2000. — 188 с.
6. Jain, A. K., An Introduction to Biometric Recognition / Jain A. K., Ross A., Prabhakar S. // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Special Issue on Image — and Video — Based Biometrics — Vol. 14, No. 1, January 2004 — pp. 4—20.
7. Cooper, W. E., Studies of typing from the LNR research group / Cooper W. E., Norman D. A., Rumelhart D. E. // Cognitive aspects of skilled typing. — New York: Springer — Verlag; 1983. — pp. 45—65.
8. Salthouse, T. A., Perceptual, Cognitive, and Motoric Aspects of Transcription Typing. / Salthouse T. A. // Psychological Bulletin — 99 (3), 1986 — pp. 303—319.
9. Butsch, R., Eye movements and the eye-hand span in typewriting. / Butsch R. // Journal of Education Psychology — 23 (2), 1932 — pp. 104—121.
10. Jones, R. G., A model for subjective grouping in typewriting. / Thomas E. A. C, Jones R. G. // Quarterly Journal of Experimental Psychology — 22 (3), 1970 — pp. 353—367.
11. Gaines, R. S., Authentication by Keystroke Timing: Some Preliminary Results. / Gaines R. S., Lisowski W., Press S. J., Shapiro N. // Technical Report R-2526 — NSF, — Santa Monica, CA: Rand Corporation, 1980—113 p.

## Проблемы обнаружения подмены законного оператора ключевой информационной системы

Казанцев Иван Сергеевич, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

*В статье подмена оператора ключевой системы рассматривается в качестве одной из главных проблем в структуре информационной безопасности. Увеличение роста защищаемых информационных ресурсов влечет за собой создание надежных и безопасных систем контроля и управления доступом.*

**Ключевые слова:** внутренние угрозы, инсайдер, утечка информации, незаконные действия.

Проведенное исследование угроз информационной безопасности выявило, что самыми частыми и опасными, с точки зрения размеров ущерба, являются внутренние угрозы, исходящие непосредственно от сотрудников, имеющих доступ к ключевой системе, а не от внешних для организации злоумышленников. К ним относятся (в порядке уменьшения возможности произвести несанкционированный доступ к информации): основной персонал, представители службы безопасности, вспомогательный персонал, технический персонал. Основными причинами незаконных действий персонала являются: обида, месть, желание получить материальную выгоду и так далее. Угроза несанкционированного доступа к информации внутренних субъектов усложняется тем, что они знакомы со структурой и основными функциями, принципами работы средств защиты информации, применяемых на предприятии, имеют возможность доступа к системе.

В исследовании уделено внимание опасности и вероятности возникновения внутренних угроз информационной безопасности. Datapro Information Services Group провела почтовый опрос среди случайно выбранных менеджеров информационных систем с целью выяснения ситуации в области защиты информации. Было получено 1153 анкеты, на основе которых получены приводимые ниже результаты [1]:

- 3% — внешние нарушения (например, атаки хакеров);
- 70–75% — внутренние нарушения, из них:
  - 10% совершены обиженными и недовольными служащими операторами;
  - 10% совершены из корыстных побуждений персоналом системы;
  - 50–55% результат неумышленных ошибок персонала и/или пользователей системы в результате небрежности, халатности или некомпетентности.

Исследование [2], проведенное компанией Info Watch, посвященное проблемам информационной безопасности российского госсектора охватило 191 государственную организацию. Данный проект уточняет результаты третьего ежегодного исследования «Внутренние IT-угрозы в России», в ходе которого были опрошены 1450 российских организаций во всех секторах эконо-

мики. Результаты исследования показали, что внешние угрозы (45%) встречаются реже, чем внутренние угрозы (55%). Только 15% организаций избежали утечек информации в течение года. Также компания сообщает о 16%-ном росте общего числа утечек информации из организаций по сравнению с 2011 годом [3]. Специализированные ресурсы <http://www.datalossdb.org/> пришел к аналогичным выводам, сообщая о росте числа утечек информации в 2012 году на 50% [4].

В отчете «Trends in IT Security Threats», подготовленном Computer Economics, первое место по ущербу (финансовым убыткам от нарушений информационной безопасности) занимают угрозы информационной безопасности, исходящие от инсайдеров, опережая прочие виды угроз. По данным специалистов CSI с инсайдерскими угрозами столкнулись 59% организаций [5].

Исследование, проведенное кадровым холдингом АНКОР, выявило, что 22% россиян пользуются служебной информацией для стороннего заработка. Анализ информационной безопасности, проведенный компанией SaerchInform, в российских организациях определил следующие факты [6]:

- 19,2% сотрудников готовы отказаться от предположения о продаже секретной информации;
- 43,7% сотрудников готовы заработать на продаже важной информации;
- 12% сотрудников готовы предоставить конфиденциальную информацию злоумышленникам бесплатно.

По данным опроса, проведенного фирмой Sailpoint Technologies [7] на территории США, Великобритании и Австралии, было выявлено, что из 3,5 тысяч опрошенных сотрудников (каждый из которых является по сути инсайдером) достаточно большое количество готовы украсть секретную информацию у своих компаний. 22% в США, 29% в Австралии и около 50% опрошенных в Великобритании. 5% респондентов в США, 4% в Австралии и 24% в Великобритании продали бы секретную информацию своей компании с целью личного обогащения.

Похожее исследование, проведенное корпорацией Syntantec совместно с сообществом Профессионалы.ру на территории Российской Федерации [7] показало, как сотрудники отечественных компаний обращаются с внутренней информацией. По результатам проведенного

опроса, около 70% работников крадут деловую информацию, а 56% готовы украсть информацию с атрибутами ограниченного доступа. В процессе исследования аналитики выявили четыре типа сотрудников-инсайдеров:

- 24% могут подвергнуть компрометации корпоративную вычислительную сеть, не подозревая об этом;
- 22% игнорируют базовые требования безопасности, при этом осознавая степень угрозы;
- 7% вошли в группу тех, кто преследует собственные корыстные цели;
- 47% опрошенных служащих достаточно аккуратно обращаются с коммерческой тайной.

Обнаружены следующие факты значительного ущерба, нанесенного инсайдерами:

- жители Америки потеряли \$929 миллионов из-за попадания паролей платежных карт в руки третьих лиц [8];
- Жером Кервьель нанес инвестиционному банку Societe Generale, в котором он работал трейдером, ущерб в 5 млрд. евро, используя в своих махинациях пароли коллег [9];
- Джагмит Чан, сотрудник банка HSBC, украв пароли коллег, перевел 90 миллионов евро на счета других банков [8];

#### Литература:

1. Ю.Н. Киселев, Электронная коммерция: Практическое руководство./ Ю.Н. Киселев — Спб.: ДиаСофтЮП, 2001. — с. 11–40.
2. Внутренние ИТ-угрозы в госсекторе 2006 [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.cnews.ru/reviews/free/gov2007/articles/inner\\_danger.shtml/](http://www.cnews.ru/reviews/free/gov2007/articles/inner_danger.shtml/).
3. А. Шахлевич, Imperva. Решение File Activity Monitoring — друг и помощник Вашей DLP — системы. [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.netwell.ru/press/smi\\_detail.php?aid=60&bin\\_rubrik\\_pl\\_articles=221](http://www.netwell.ru/press/smi_detail.php?aid=60&bin_rubrik_pl_articles=221).
4. DataLossDB Open security foundation [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.datalosssdb.org/>.
5. С. Шляхтина, ИТ-безопасность: сегодня и завтра / С. Шляхтина — КомпьютерПресс — М.: КомпьютерПресс, 2008 — № 3 — с. 20–23.
6. Р. Идов, Защититесь от инсайдера / Р. Идов — ТЭК. Стратегии развития — М.: Богенпринт, 2012. — № 5 — с. 64–65.
7. И. Глазырин, Персональные данные. Будни банковской безопасности / И. Глазырин // Банковские технологии. — М.: Профи-Пресс, 2012. — № 5. — с. 35–37.
8. Биометрические системы: новое слово в информационной безопасности бизнеса [Электронный ресурс] / Режим доступа: [http://www.biometrics.ru/news/biometricheskie\\_sistemi\\_novoe\\_slovo\\_v\\_informacionnoi\\_bezopasnosti\\_biznesa/](http://www.biometrics.ru/news/biometricheskie_sistemi_novoe_slovo_v_informacionnoi_bezopasnosti_biznesa/).
9. K. Killourhy, The Effect of Clock Resolution on Keystroke Dynamics. / K. Killourhy, R. Maxion // In R. Lippmann, E. Kirda, and A. Trachtenberg, editors, Recent Advances in Intrusion Detection, — volume 5230 of Lecture Notes in Computer Science, 2008 — pp. 331–350.

— американская топливно-газовая корпорация Eпгop Согrogation объявила о своем банкротстве из-за утечки информации, организованной ее сотрудниками [6].

По итогам исследования сделан вывод о том, что внутренние угрозы являются самыми опасными для информационной безопасности и часто реализуемыми при использовании парольных и атрибутивных методов аутентификации и авторизации в качестве средств защиты информации. Решение задачи обнаружения подмены оператора является актуальным на сегодняшний день. Для защиты КС от несанкционированного доступа изобретаются различные методы. Например, USB-клавиатура KSI SonarLocID Keyboard, призванная обеспечить сохранность важной информации. В клавиатуру встроены радар, который автоматически определяет, находится ли пользователь за компьютером. Если оператор не заблокировал доступ к системе, отлучившись от компьютера, данная клавиатура при помощи радара это определит и сама заблокирует систему. Минусом данной системы является то, что имеется возможность ее обмануть (случайно или преднамеренно), например, поставив перед радаром какой-либо предмет. Таким образом, проблема обнаружения подмены авторизованного оператора остается актуальной и требует разработки новых решений данной проблемы.

## Влияние коррозии на прочность оборудования

Каландаров Наврузбек Олимбаевич, ассистент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Гойибова Дилфуза Фарходовна, ассистент  
Бухарский политехнический колледж (Узбекистан)

Коррозией металлов называют самопроизвольное разрушение металлических материалов вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой. Коррозионный процесс про-

текает на границе раздела двух сред металла и окружающей среды, т. е. является гетерогенным процессом взаимодействия жидкой или газообразной среды с металлом (рис. 1).

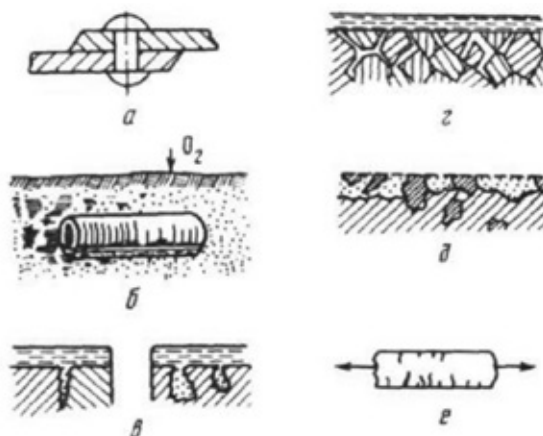


Рис. 1. Некоторые типы гетерогенности поверхности корродирующего металла: а — контакт разнородных металлов; б — дифференциальная аэрация; в — образование щелей и питтингов; г — межкристаллитная коррозия; д — структурно-избирательное разрушение; е — коррозионное растрескивание, или коррозионная усталость, приложении нагрузки.

Способность металлов сопротивляться воздействию среды называется коррозионной стойкостью, или химическим сопротивлением материала. Металл, подвергшийся коррозии, называют корродирующим металлом, а среда, в которой протекает коррозионный процесс, — коррозионной средой. В результате коррозии изменяются свойства металла и зачастую происходит ухудшение его функциональных характеристик.

Металл при коррозии может частично или полностью разрушаться. Химические соединения, образующиеся в результате взаимодействия металла и коррозионной среды, называют продуктами коррозии. Продукты коррозии могут оставаться на поверхности металла в виде оксидных пленок, окалина или ржавчины. В зависимости от степени адгезии их к поверхности металла наблюдаются различные случаи. Например, ржавчина на поверхности железных сплавов образует рыхлый слой, процесс коррозии распространяется далеко в металлы может привести к образованию сквозных язв и свищей. Напротив, при окислении алюминия на поверхности образуется плотная сплошная пленка оксидов, которая предохраняет металл от дальнейшего разрушения [1–5, 9, 15, 24].

Первопричиной коррозии металлов является их термодинамическая неустойчивость в различных средах при

данных внешних условиях, т. е. самопроизвольный переход металла в более устойчивое окисленное состояние за счет уменьшения термодинамического потенциала системы, которое достигается в результате реакции:

металл + окислительный компонент среды = продукт коррозии

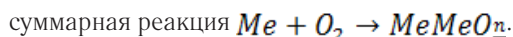
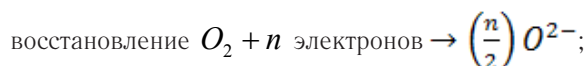
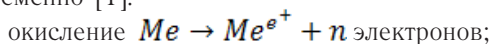
Термодинамика дает исчерпывающие сведения о возможности или невозможности самопроизвольного протекания коррозионного процесса при определенных условиях. Термодинамические потенциалы могут быть использованы для количественной оценки движущих сил химических или электрохимических коррозионных процессов, а также для расчета скоростей этих процессов и практических методов защиты от коррозии, т. е. создания условий, уменьшающих или полностью исключающих возможность протекания коррозионного процесса.

Однако термодинамика не дает ответа на вопрос, с какой скоростью будет протекать термодинамический возможный коррозионный процесс. Рассмотрением этого вопроса, а также установлением влияния различных факторов на скорость коррозии и характер коррозионного разрушения металлов занимается кинетика (учение о скоростях) коррозионных процессов. Отличительной особен-

ностью коррозионных процессов является их сложность и много стадийность. Обычно коррозионный процесс состоит из трех основных стадий:

- 1) перенос реагирующих веществ к поверхности раздела фаз;
- 2) собственно гетерогенная реакция;
- 3) отвод продуктов реакции из реакционной зоны.

Каждая из этих стадий может протекать последовательно или параллельно с образованием на поверхности металла продуктов коррозии. Реакция окисления происходит, когда металл соединяется с атомом или группой молекул, теряя при этом электроны, либо когда он переходит из одной степени окисления в другую, более высокую. Суммарная реакция окисления этого типа может быть представлена как две реакции, протекающие одновременно [1]:



Одновалентный металл будет образовывать один оксид, многовалентный может формировать, как правило, несколько различных оксидов, число которых определяется валентностью металла. Оксиды электрически нейтральны, имеют определенную кристаллическую структуру, состоят из зерен (кристаллов), свойства которых подобны свойствам металлов. Оксид способен к рекристаллизации, росту зерен и может подвергаться пластической деформации, особенно при высоких температурах. Для всех металлических изделий, испытывающих механическую нагрузку, наиболее опасными являются локальные виды коррозии. Это демонстрирует график зависимости потерь прочности дюралюминия от коррозионных потерь веса при различных видах коррозионного разрушения (рис. 2).



Рис. 2. График зависимости изменения прочности от коррозионных потерь

В зависимости от того, как распространяются коррозионные трещины, коррозионные разрушения принято делить на транскристаллитные, когда разрушение протекает по телу зерен и интеркристаллитные или межкристаллитные, когда разрушение происходит по границам зерен. В межремонтный период происходят утечки нефти, газа и воды вследствие коррозионных повреждений, из-за отложения продуктов коррозии ухудшается теплопроводность поверхностей теплообмена, уменьшение проходных сечений трубопроводов из-за отложения ржавчины требует повышения мощности насосов — все это обходится в миллионы долларов в год. Загрязнение продукции также оценивается в миллиарды долларов, например, небольшое количество меди, поступившее в систему в результате коррозии медного трубопровода или латунного оборудования, может испортить целую партию продукта. Следы металлов могут изменять цвет красителей. Свинцовое оборудование не может быть использовано для приготовления и хранения пищевых продуктов из-за токсичности солей свинца. Мягкая вода, проходящая по свинцовым трубопроводам, небезопасна для питья. По заключению

Бюро продуктов питания и лекарственных препаратов, допустимая концентрация свинца в пище не должна превышать 1 мг/л.

К этой же группе потерь относится порча продуктов питания из-за ржавления металлических емкостей. Один из заводов, консервирующих фрукты и овощи, терпел убытки около миллиона долларов в год до тех пор, пока не были выявлены и устранены металлургические факторы, приводившие к локальной коррозии. Другая компания, использующая металлические крышки на стеклянных консервных банках, потеряла 0,5 млн долларов в год из-за точечной коррозии крышек, что приводило к бактериальному заражению продукции. При расчете толщины стенки аппаратов и его проектировании используются допуски на коррозию. В тех случаях, когда скорости коррозии неизвестны, а методы борьбы с коррозией неясны, задача оптимального проектирования значительно усложняется. Надежные данные о скорости коррозии позволяют более точно оценить срок эксплуатации оборудования и упрощают его проектирование. Например, расчетная толщина стенки трубопровода диаметром 200



мм и длиной 362 км с учетом коррозии составляет 8,18 мм. А применение соответствующей защиты от коррозии позволяет снизить эту величину до 6,35 мм, что приводит к экономии 3700 т стали и увеличению полезного объема трубопровода на 5%. Отсюда видно, что косвенные потери составляют существенную часть общих коррозионных потерь, однако их подсчет представляет

собой трудную задачу даже в рамках одной отрасли промышленности. В ряде случаев потери вообще не могут быть выражены в денежных единицах. К ним относятся аварии, связанные с взрывами, разрушением нефтехимического оборудования, или вызванные коррозией катастрофы самолетов, поездов, автомобилей, приводящие к потере здоровья или гибели людей.

#### Литература:

1. Кац, Н. Г., Стариков В. П., Парфенов С. Н. Химическое сопротивление Материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии. М.: Машиностроение. — 2011 г.
2. Жук, Н. П. Курс теории коррозии и защита металлов: учеб. Пособие/ Жук Н. П. — 2-е изд., стереотипное. Перепечатка издания 1976.-М.: ООО ТИД «Альянс», 2006.—472.
3. Сухотина, А. М., Шрейдера А. В., Арчакова Ю. И.-Коррозия и защита химической аппаратуры. Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность. Под. ред.-М.: Химия, 1974г.-576 с.
4. Клинов, И. Я. Коррозия химической аппаратуры. Коррозионностойкие материалы. Учеб. пособие/ — М.: Машиностроение, 1976.—462 с.

## Защита от коррозии оборудования первичной подготовки нефти

Каландаров Наврузбек Олимбаевич, ассистент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В установках для подготовки нефти используют оборудование различного назначения: теплообменники, насосы, дегидраторы, резервуары и др. Среди них наиболее металлоемкие и весьма ответственные резервуары, предназначенные для предварительного отстоя обводненной нефти, сбора и отстоя сточной воды, сбора и хранения товарной нефти и нефтепродуктов. Исходя из условий эксплуатации резервуаров, к конструкционному материалу предъявляют сложный комплекс требований: он должен обладать высокой прочностью при достаточно высокой пластичности и вязкости, минимальной склонностью к хрупкому разрушению, хладноломкости и старению, низкой чувствительностью к надрезам, хорошей свариваемостью, высокой коррозионной стойкостью к воздействию атмосферы, грунтовых вод, хранимых нефти и нефтепродуктов. Основным конструкционным материалом для изготовления резервуаров сталь различных марок. В последние годы получают все большее распространение алюминиевые сплавы для изготовления отдельных узлов резервуаров крыш и верхних поясов вертикальных цилиндрических резервуаров.

В установках подготовки нефти при получении товарной нефти из сырой нефти выделяется несколько фаз: нефтяной газ, газовый конденсат, сточная вода. Коррозионное воздействие этих фаз различается по характеру и степен интенсивности. Интенсивности коррозионного разрушения оборудования растет в результате ввода в нефть в процессе её обезвоживания и обессоливания

де-эмульгаторов 4411, Серво, ОП-10 и др. Усиление коррозии под влиянием деэмульгаторов связано с их сильным гидрофилизующим и моющим действием, в результате чего на поверхности металла образуется тонкая пленка воды. Коррозионная агрессивность фаз, выделяющихся в процессе подготовки нефти, зависит от их состава и других факторов.

*Нефтяной газ.* Углеводородный газ, отделяемый от нефти состоит из смеси предельных углеводородов; метана, этана, пропана, бутана, пентана, которые в коррозионном отношении неопасны. Однако нефтяные газы, как и природные, часто содержат примеси сероводорода, углекислого газа, а при сборе и подготовке нефти может попасть кислород воздуха. Кислые газы растворяются в пленке влаги, образующейся внутри оборудования и трубопроводов результате конденсации паров воды, содержащейся в нефтяном газе. В этих случаях коррозионные процессы протекают особенно интенсивно.

*Газовой конденсат.* По диэлектрическим свойствам конденсат близок к нефти, однако при наличии сероводорода, углекислого газа, кислорода, воды он становится коррозионно-активным. В отличие от нефти он не содержит природных компонентов, обладающих защитными свойствами, поэтому его коррозионная агрессивность проявляется особенно интенсивно.

Сточные воды. Пластовые и сточные воды имеют высокую электропроводность, что способствует интенсивному протеканию электрохимической коррозии. Проводимость ( $\text{Ом}^{-1}\text{см}^{-1}$ ) различных типов вод следующая:



Тип воды	Проводимость (Ом <sup>-1</sup> хсм <sup>-1</sup> )
Дистиллированная	<10
Пресная	10 <sup>-5</sup> –10 <sup>-2</sup>
Вода систем охлаждения	10 <sup>-3</sup> –10 <sup>-2</sup>
Минерализованная	>10 <sup>-2</sup>

Агрессивное воздействие коррозионных среды приводит к усиленной коррозии оборудования установок по подготовке нефти- теплообменников, резервуаров различного назначения, насосов, трубопроводной сети.

**Коррозия теплообменников.** В соответствии с технологической схемой подготовки сырой нефти перед деэмульгацией её подогревают сначала до 30–40<sup>0</sup> С товарной нефтью, выходящей из установок, а затем до 60–70<sup>0</sup> С в паровых теплообменниках огневых печах. Для подогрева сырой нефти используют теплообменники двух типов: кожухотрубные и труба в трубе. Теплообмен между сырой и нагретой нефтью осуществляется по принципу противотока. Наиболее уязвимой частью подогревателей по отношению к коррозии являются трубные пучки. Срок их службы составляет 1,5–3 года, что зависит в основном от типа применяемого реагента-деэмульгатора. Особенно интенсивно развивается коррозия трубок в местах их развальцовки на трубных досках. Здесь кроме агрессивного воздействия самой среды сказываются еще и механические напряжения, возникающие вследствие пластической деформации металла и больших перепадов температур между сырой и товарной нефтью.

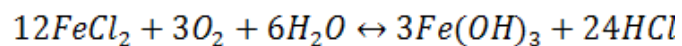
В паровых кожухотрубных теплообменниках теплоносителем служит острый пар, который подается под давлением 10<sup>6</sup>МПа с температурой +180<sup>0</sup> С. Отдав тепло, пар конденсируется на поверхности трубного пучка, а конденсат стекает по трубкам в нижнюю часть аппарата и выводится наружу. Наиболее интенсивно разрушается поверхность трубок, которая обращена к подаваемому внутрь теплообменника пару. Характер коррозии язвенный, что и предопределяет быстрый выход трубок из строя за 1–2 года. Основная причина выхода из строя пароподогревателей из него воды. Агрессивность пара обусловлена недостаточной химической подготовкой жесткой воды, из которой его получают.

**Заметной коррозии подвергаются теплообменники труба в трубе.** Однако из-за более толстых стенок труб их разрушение происходит медленнее по сравнению с кожухотрубными теплообменниками. Интенсивно разрушаются трубы в огневых печах, и особенно быстро сокращается срок их службы, когда в этих печах подогревают недостаточно обезвоженные, обессоленные и сероводородсодержащие нефти.

**Коррозия ёмкостей для отстоя нефти и воды.** К ёмкостям, которые используются для отделения воды из нефти, относятся резервуары для предварительного отстоя воды из сильно обводненной нефти, отстойники и

дегидраторы технологических установок по подготовке нефти. Характерная особенность протекания процесса коррозии в этом оборудовании заключается в том, что она идет в слабо перемешиваемой двухфазной системе нефть-вода.

Степень коррозии внутренней поверхности ёмкости от того с чем (нефтью, водонефтяной эмульсией, пластовой водой) соприкасаются её стенки. Отстойники, в которых обрабатываются не содержащие сероводород нефти, корродируют мало и срок их службы достаточно продолжителен. При обессоливании сероводородсодержащей нефти или смеси её с девонской скорость коррозии внутренней поверхности отстойника резко возрастает и достигает 5–6 мм/год. Причина повышенной агрессивности этих сред-наличие во многих девонских пластовых водах растворимых соединений двухвалентного железа. При смешении пластовых вод с пресными происходит взаимодействие кислорода, растворенного в пресной воде, с ионами железа из пластовой воды с образованием гидроокиси железа по реакции



Гидроокись железа практически нерастворима в воде и выпадает в осадок. В сточных водах из угленосной свиты содержится сероводород, который приводит к образованию осадков сульфидов железа, особенно в тех случаях, если деэмульгированию подвергается смесь девонской нефти и нефти угленосной свиты. Накопление сульфида железа, осуществляющего катодной функции по отношению к металлической поверхности оборудования, приводит к образованию многочисленных гальвано пар, которые в условиях отстоя горячей минерализованной воды вызывают быстрое утончение стенок аппарата.

Коррозионное состояние оборудования необходимо контролировать несколькими методами, взаимно дополняющими друг друга. Весьма важный способ визуальный, который позволяет определить характер разрушения оборудования, возможность дальнейшей эксплуатации и прокорректировать методы защиты от коррозии. Однако внутренний осмотр может быть проведен лишь после остановки оборудования на ремонт. Наряду с визуальным методом используют приборные методы. Иногда используют метод расверловки стенки оборудования на глубину, равную расчетной толщине стенки и устанавливают момент, когда прокорродирует оставшаяся толщина стенки, соответствующая припуску на коррозии. При наличии в рабочей среде сероводорода пользуется водородными зондами для определения степени наводороживания металла оборудования.

Для определения скорости коррозии оборудования необходимо проводить анализ рабочих растворов на содержание ионов железа. Однако необходимо иметь в виду, что этот анализ даёт информацию лишь об общей коррозии и не выделяет локальную коррозию.

Литература:

1. Саакиян, Л. С., Ефремон А. П. и др. Защита нефтепромыслового оборудования от коррозии. М.: — Недра, 1985 г, 206 с.
2. Кац, Н. Г., Стариков В. П., Парфенов С. Н. Химическое сопротивление Материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии. М.: Машиностроение. — 2011 г.
3. Жук, Н. П. Курс теории коррозии и защита металлов: учеб. Пособие/ Жук Н. П. — 2-е изд., стереотипное. Печатаются издания 1976.-М.: ООО ТИД «Альянс», 2006.—472.

## Сравнительный обзор сетевых интерфейсов для коммутации испытательной стендовой базы динамического полунатурного моделирования

Карабашлыков Герман Андреевич, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

*Данная статья посвящена исследованию проблемы коммутации испытательной стендовой базы динамического моделирования. В статье проанализированы существующие на данный момент сетевые протоколы, применимые для решения данной задачи. Рассмотрены их основные достоинства и недостатки. Произведено сравнение протоколов на физическом уровне сети. Выполнено практическое сравнение наиболее подходящих протоколов. В заключении приведен краткий обзор выполненной работы, даны рекомендации по выбору протокола для решения поставленной задачи.*

**Ключевые слова:** сетевые интерфейсы, полунатурное моделирование, рефлексивная память.

Полунатурное моделирование (ПНМ) — это разновидность моделирования, при котором тестируемое оборудование находится в условиях, максимально приближенных к реальным, однако состояние технической части моделируется средствами вычислительной техники. Это позволяет производить тестирование реального оборудования в широких пределах входных воздействий и технического состояния, моделируя в том числе аварийные и нештатные ситуации без риска повреждения самого оборудования, с последующей отладкой программной и аппаратной части оборудования. При этом повышается универсальность модели и снижается её экономическая стоимость.

Само испытательное стендовое обеспечение может занимать обширные площади лабораторного комплекса, при этом его составляющие части могут располагаться даже на нескольких этажах. Поэтому возникает задача обеспечения взаимодействия между составными элементами стендового оборудования. При этом к аппаратно-программным средствам сетевого взаимодействия предъявляются такие требования, как:

- обеспечение минимальной задержки (работа в реальном времени)
- расположение узлов на большом удалении
- помехозащищённость

При создании современных моделирующих систем одним из важных компонентов для обеспечения заданного уровня надежности, эффективности и качества является выбор коммуникационных интерфейсов [1]. При ре-

ализации систем полунатурного моделирования большое внимание уделяется вопросам сопряжения испытательных стендов с управляющей ЭВМ [2], при этом требования, предъявляемые к этим системам, исключают применение каких-либо беспроводных и радио сетей, что вызывает необходимость анализа существующих решений передачи данных по проводным и оптическим каналам. К применяемым протоколам в среде ПНМ предъявляются жёсткие требования по задержкам передачи данных, что накладывает ограничения на программную реализацию этих протоколов и систем управления на уровне операционной системы (ОС), в качестве которой все больше применение находят ОС реального времени [3, 4].

### Анализ последовательных интерфейсов RS-422, RS-485

Интерфейсы RS-422, RS-485 являются популярными интерфейсами физического уровня и широко используются в промышленной автоматизации. В основе этих интерфейсов лежит дифференциальный способ передачи данных, когда напряжение между логическими уровнями отсчитывается не от земли, а вычисляется как разность между двумя передающими линиями. При этом благодаря симметрии относительно земли, на обе передающие линии наводятся одинаковая помеха. При поступлении сигнала на вход дифференциального приёмника помеха отсекается путём вычитания напряжения на линиях. Это позволяет использовать линии большой длины. В интерфейсах

Таблица 1. Технические характеристики интерфейсов RS-422 и RS-485

Параметр	RS-422	RS-485
Количество устройств	5 передатчиков 10 приемников на 1 передатчик	32 передатчика 32 приемника
Вид протокола	дуплексный	дуплексный и полудуплексный
Макс. длина провода	1220 м при 100 Kbps	1220 м при 100 Kbps
Макс. скорость передачи	10 Mbps для 15 м	10 Mbps для 15 м

Таблица 2. Зависимость максимальной скорости передачи данных от длины линии интерфейсов RS-422 и RS-485

Длина линии [1]	Макс. скорость передачи [2]
15 м	10 Mbps
[1]	[2]
122 м	1 Mbps
1220 м	100 Kbps

RS-422 и RS-485 в качестве линий передачи используется экранированная витая пара (2 пары для дуплексного режима). Технические характеристики интерфейсов RS-422 и RS-485 представлены в таблице 1 [5]. Зависимость максимальной скорости передачи данных от длины линии представлена в таблице 2 [5].

Достоинства протоколов RS-422 и RS-485:

- подключение нескольких устройств на одну шину
- дуплексный режим работы
- длина линии до 1220 м

Недостатки протоколов RS-422 и RS-485:

сильное падение скорости в зависимости от длины линии

**Протокол Profibus** — в качестве физического уровня Profibus использует RS-485 при скорости передачи до 12 Mbps. Максимальное количество устройств — 32 в одном сегменте сети (можно увеличить до 128 с помощью повторителей).

На канальном уровне сеть состоит из ведущих и ведомых устройств. В сети может быть несколько ведущих и ведомых. Ведущий может контролировать шину, и передавать сообщения ведомым и другим ведущим, пока он имеет маркер. В сетях с несколькими ведущими маркер по истечении некоторого времени должен быть передан следующему ведущему (маркер передается от одного ведущего к другому по кольцу). Мастер в Profibus имеет возможность отправлять сообщения с уведомлением и без уведомления, многоабонентские сообщения нескольким получателям и широковещательные сообщения всем узлам сети.

Сообщение в Profibus называется телеграммой, состоит из заголовка (11 байт) и данных (до 244 байт). Сама телеграмма защищается однобайтовой контрольной суммой.

Достоинства протокола Profibus:

- до 32 устройств в одном сегменте (до 128 с помощью повторителей)
- несколько ведущих устройств
- контрольная сумма сообщения

Недостатки протокола Profibus:

- неэффективность при передаче коротких сообщений из-за статического размера заголовка
- передача по схеме ведущих — ведомый, что вызывает необходимость интенсивного опроса ведомых устройств

**Протокол ModBus** — в качестве физического уровня ModBus использует RS-485 с одной витой парой, при этом отсутствует необходимость в специальных интерфейсных контроллерах, как например в Profibus. Максимальное количество устройств — 32 в одном сегменте сети (можно увеличить с помощью повторителей).

На канальном уровне ModBus работает в режиме ведущих — ведомый. ModBus поддерживает только одно ведущее устройство и до 247 ведомых. Ведущий может посылать сообщения ведомому или широковещательные сообщения всем узлам сети.

В ModBus разделителем сообщений является пауза в 14 бит. Сообщение в ModBus состоит из адреса (1 байт), кода функции (1 байт), данных (до 252 байт) и контрольной суммы (2 байт).

Достоинства протокола ModBus:

- до 32 устройств в одном сегменте (можно увеличить с помощью повторителей)
- двухбайтовая контрольная сумма сообщения

Недостатки протокола ModBus:

- передача по схеме ведущих — ведомый (интенсивный опрос устройств)
- всего одно ведущее устройство

**Вывод:** рассмотренные протоколы последовательных интерфейсов RS-422, RS-485 имеют возможность подключения нескольких узлов сети по одной линии и контроль целостности передаваемых данных, но при этом происходит сильное падение скорости передачи данных при увеличении длины линии, что ограничивает их использование в комплексах ПНМ.

**Анализ сетей и протоколов Ethernet**

Ethernet — семейство технологий, включающих в себя физический и канальный уровень. На физическом уровне Ethernet может быть реализован с помощью коаксиального кабеля, витой пары и оптического волокна.

На канальном уровне Ethernet реализует систему обмена сообщениями на основе кадров, которые содержат в себе адрес отправителя (6 байт), адрес назначения (6 байт), тип протокола (2 байт), данные (до 1500 байт) и контрольную сумму (4 байт)

Сравнение версий Ethernet [6] представлено в таблице 3.

**TCP/IP** — набор сетевых протоколов (IP, ARP, TCP, UDP, ICMP, и т. д.). Протоколы TCP/IP образуют стек

протоколов — иерархическую структуру, при которой протоколы более высокого уровня инкапсулируются в протоколы более низкого уровня.

Стек протоколов TCP/IP включает в себя: транспортный и сетевой уровень.

На сетевом уровне стек TCP/IP реализует протокол IP и ARP. Протокол ARP предназначен для организации адресной структуры IP и ставит в соответствие MAC-адресу канального уровня Ethernet IP-адрес. Протокол IP предназначен для создания разветвлённых многосегментных сетевых топологий и решает проблему маршрутизации.

**UDP** является одним из двух основных протоколов транспортного уровня. Он решает задачу адресации на ко-

Таблица 3. Сравнение версий Ethernet

Стандарт [1]	Тип [2]	Скорость передачи [3]	Максимальная длина [4]	Тип кабеля [5]
IEEE 802.3	10Base5	10 Mbps	500 м	коаксиальный
IEEE 802.3a	10Base <sup>2</sup>	10 Mbps	185 м	коаксиальный
IEEE 802.3b	10Broad36	10 Mbps	3600 м	коаксиальный
IEEE 802.3e	1Base5	1 Mbps	250 м	UTP
IEEE 802.3e	StarLan 10	10 Mbps	250 м	UTP
IEEE 802.3d	FOIRL	10 Mbps	1000	оптоволоконный
IEEE 802.3i	10Base-T	10 Mbps	100 м	UTP cat 3,5
IEEE 802.3j	10Base-F	10 Mbps	2км	оптоволоконный
IEEE 802.3u	100Base-FX	100 Mbps	2 км, 400 м (многомод)	оптоволоконный
	100Base-T	100 Mbps	100 м	UTP/STP cat 5
	100Base-T4	100 Mbps	100 м	UTP/STP cat >= 3
	100Base-TX	100 Mbps	100 м	UTP/STP cat 5
IEEE 802.12	100Base-VG	100 Mbps	100 м	UTP cat 3,5
IEEE 802.3y	100Base-T2	100 Mbps	100 м	UTP cat 3,5
TIA/EIA-785	100Base-SX	100 Mbps	300 м	оптоволоконный
IEEE 802.3ah	100Base-LX10	100 Mbps	10 км	оптоволоконный
IEEE 802.3ah	100Base-BX10	100 Mbps	10 км	оптоволоконный
IEEE 802.3z	1000Base-CX	1000 Mbps	25 м	UTP/STP cat 5,5e,6
	1000Base-LX	1000 Mbps	5 км, 550 м (многомод)	оптоволоконный
	1000Base-SX	1000 Mbps	550 м	оптоволоконный
IEEE 802.3ab	1000Base-T	1000 Mbps	100 м	UTP/STP cat 5,5e,6,7
TIA 854	1000BASE-TX	1000 Mbps	100 м	UTP/STP cat 6,7
IEEE 802.3ah	1000BASE-LX10	1000 Mbps	10 км	оптоволоконный
IEEE 802.3ah	1000BASE-BX10	1000 Mbps	10 км	оптоволоконный
non-standard	1000BASE-EX	1000 Mbps	40 км	оптоволоконный
non-standard	1000BASE-ZX	1000 Mbps	70 км	оптоволоконный
IEEE 802.3ae	10GBASE-SR	10 Gbps	26–300 м	оптоволоконный
	10GBASE-LX4	10 Gbps	10 км, 300 м (многомод)	оптоволоконный
	10GBASE-LR	10 Gbps	10 км	оптоволоконный
	10GBASE-ER	10 Gbps	40 км	оптоволоконный
IEEE 802.3ae	10GBASE-SW	10 Gbps	26 м — 40 км	оптоволоконный
	10GBASE-LW	10 Gbps	26 м — 40 км	оптоволоконный
	10GBASE-EW	10 Gbps	26 м — 40 км	оптоволоконный
IEEE 802.3ak	10GBASE-CX4	10 Gbps	15м	медный кабель CX4
IEEE 802.3an	10GBASE-T	10 Gbps	100 м	UTP/STP cat 6,6a,7
IEEE 802.3aq	10GBASE-LRM	10 Gbps	220 м	оптоволоконный
IEEE 802.3av	10GBASE-PR	10 Gbps	20 км	оптоволоконный

нечных узлах сети с помощью портов и позволяет приложениям обмениваться пакетами данных.

Пакет UDP состоит из порта отправителя (16 байт), порта получателя (16 байт), длины пакета (16 байт), контрольной суммы (16 байт) и данных.

Преимущества UDP:

- минимальный размер служебной нагрузки
- минимальные задержки

Недостатки UDP:

- доставка не гарантирована
- отсутствие упорядочивания

**TCP** также является одним из основных протоколов транспортного уровня. TCP также оперирует портами и позволяет приложениям обмениваться пакетами данных. Однако в отличие от UDP, TCP организует обмен пакетами с предварительным установлением с предварительным установлением соединения (рукопожатие) и гарантирует, что все переданные пакеты будут доставлены, причём в том же порядке, в каком были переданы.

Пакет TCP состоит из порта отправителя (16 байт), порта получателя (16 байт), порядкового номера (32 байта), номера подтверждения (32 байта), длины заголовка (4 байта), зарезервированной области (6 байт), флагов (6 байт), размера окна (16 байт), контрольной суммы (16 байт), указателя важности (16 байт) и данных.

Преимущества TCP:

- гарантированная доставка
- гарантированный порядок сообщений

Недостатки TCP:

- большие накладные расходы
- большие задержки

**Вывод:** рассмотренные протоколы TCP и UDP поверх Ethernet обеспечивают достаточный уровень контроля целостности данных, физический уровень Ethernet обеспечивает возможность применения больших длин линий, но при этом сам стек протоколов TCP/IP вызывает достаточно большие накладные расходы в виде большого количества передаваемой служебной информации. При этом из рассмотренных протоколов в комплексах ПНМ применим только UDP ввиду того, что он не вызывает дополнительные задержки при установлении соединения и передаче пакетов.

### Сети на основе рефлексивной памяти

Сети на основе рефлексивной памяти представляют собой систему реального времени, в которой каждый узел сети всегда имеет актуальную локальную копию данных, общих для всей сети [10]. Они применяются там, где важны минимальные задержки передачи данных.

Каждый узел сети имеет собственную локальную память. Операции чтения и записи производятся с локальной памятью, изменения в которой затем синхронизируются с другими узлами сети.

Длина оптической линии передачи данных между двумя узлами сети может составлять до 10 км. Также применение

оптической линии исключает возможность взаимовлияния физических линий друг на друга.

Для организации сети на основе рефлексивной памяти могут применяться различные топологии:

Кольцевая топология — каждый узел сети соединён с двумя соседними, образуя кольцо. В отличие от сетей Ethernet, здесь не используется арбитражная система разрешения коллизий, что позволяет обойтись без организации очередей и контроля целостности пакетов. Также подобная топология не накладывает ограничения на количество подключённых устройств.

Топология типа звезда — каждый узел сети соединён с концентратором. Концентратор обеспечивает передачу данных каждому узлу сети даже при отключении одного из них. Концентраторы можно каскадировать. Максимальное число узлов при такой топологии — 256.

Преимущества сетей на основе рефлексивной памяти:

- крайне низкие задержки передачи данных — система реального времени
- большая максимальная длина линий передачи данных
- простота реализации, отсутствие зависимостей от процессора и операционной системы

Недостатки сетей на основе рефлексивной памяти:

- невозможность создавать большие многоуровневые сети
- отсутствие привычных сетевых протоколов, все операции происходят с памятью, а не с пакетами данных

**Вывод:** сети на основе рефлексивной памяти обеспечивают минимальные задержки при передаче данных из-за переноса логики управления канальным уровнем сети с программной реализации на аппаратную, а использование в качестве физической среды оптоволокно позволяет использовать линии большой протяжённости.

### Сравнение линий передачи на физическом уровне

Технические характеристики линии типа «витая пара» представлены в таблице 4 [8], где:

— Затухание (погонное затухание) — характеризует величину потери мощности сигнала при передаче

— NEXT — переходное затухание между парами в многопарном кабеле, измеренное на ближнем конце, то есть со стороны передатчика

— PS-NEXT — переходное затухание между парами в многопарном кабеле, измеренное на ближнем конце с учетом одновременных наводок со всех пар

— FEXT — переходное затухание на дальнем конце. Измеряется посредством подачи тестового сигнала на пару в кабеле с одной пары и замеры наведенного сигнала в другой паре со стороны приемника

— ACR — отношение затухания сигнала к ослаблению перекрестной помехи (отношение сигнал/шум). Положительное значение ACR означает превышение уровня полезного сигнала над уровнем шума, а отрицательное — означает, что полезный сигнал меньше помехи и его распознавание будет проблематичным



— ELFEXT — приведенное переходное затухание. Эта характеристика вычисляется на основании FEXT и погонного затухания

— PS-ELFEXT — суммарное приведенное переходное затухание. Эта характеристика вычисляется для каждой отдельной пары на основании ELFEXT

— Return Loss — (обратное затухание). При передаче сигнала по витой паре особенно при полнодуплексной передаче, возникает эффект отражения сигнала в обратном направлении.

Технические характеристики оптоволоконных линий представлены в таблицах 5–6 [8].

Сравнение скорости передачи по витой паре и оптоволокну представлены в таблице 7.

**Вывод:** по сравнению с витой парой, в оптических линиях передачи отсутствуют помехи, вызванные электромаг-

нитным излучением, при этом сами оптические линии передачи не создают такого излучения. Также в оптических линиях передачи затухание сигнала на единицу длины линии ниже, чем в витой паре за исключением частоты в 1 МГц.

### Практическое тестирование задержек линий передачи

Рассмотрим оценку задержек в сети на примере следующей экспериментальной задачи: определить минимальное время прохождения пакета информации по выбранным протоколам. Для сравнительного тестирования были выбраны протокол рефлексивной памяти (используются 2 сетевых карты GE Automation PCIE-5565PIORC, физический уровень — оптоволокно) протокол UDP по Ethernet (используются 2 сетевых карты Realtek RTL8111, физический уровень — витая пара 6 категории). Длина

Таблица 4. Технические характеристики линии типа «витая пара»

Частота, МГц	Затухание, дБ/100м		Next, дБ		PS-Next, дБ			
	кат. 6	кат. 5е	кат. 6	кат. 5е	кат. 6	кат. 5е		
1	2,00	2,00	74,30	65,30	72,30	62,30		
4	3,80	4,10	65,30	56,30	63,30	53,30		
10	6,0	6,50	59,30	50,30	57,30	47,30		
16	7,60	8,20	56,20	47,20	54,20	44,20		
20	8,50	9,30	54,80	45,80	52,80	42,80		
31,25	10,70	11,70	51,90	42,90	49,90	39,90		
62,5	15,40	17,00	47,40	38,40	45,40	35,40		
100	19,80	22,00	44,30	35,30	42,30	32,30		
200	29,00		39,80		37,80			
250	32,80		38,30		36,30			
Частота, МГц	ACR, дБ/100м		EL-FEXT, дБ/100м		PS EL-FEXT, дБ/100м		Return Loss, дБ	
	кат. 6	кат. 5е	кат. 6	кат. 5е	кат. 6	кат. 5е	кат. 6	кат. 5е
1	72,30	63,30	67,80	63,80	64,80	60,80	20,00	20,00
4	61,50	52,20	55,80	51,80	52,80	48,80	23,00	23,00
10	53,30	43,80	47,80	43,80	44,80	40,80	25,00	25,00
16	48,60	39,00	43,70	39,70	40,70	36,70	25,00	25,00
20	46,30	36,50	41,80	37,80	38,80	34,80	25,00	25,00
31,25	41,20	31,20	37,90	33,90	34,90	30,90	23,60	23,60
62,5	32,00	21,40	31,90	27,90	28,90	24,90	21,50	21,50
100	24,50	13,30	27,80	23,80	24,80	20,80	20,10	20,10
200	10,80		21,80		18,00		18,00	
250	5,50		19,80		16,80		17,30	

Таблица 5. Затухания в оптоволоконных подсистемах

Подсистема	Длина линии, м	Затухание, дБ			
		Одномодовый		Многомодовый	
		1310 нм	1550 нм	850 нм	1300 нм
Горизонтальная	100	2.2	2.2	2.5	2.2
Магистраль здания	500	2.7	2.7	3.9	2.6
Магистраль комплекса	1500	3.6	3.6	7.4	3.6

Таблица 6. Оптические параметры оптоволоконна

Длина линии, м	Одномодовый		Многомодовый	
	1310 нм	1550 нм	850 нм	1300 нм
Нижний предел, нм	1288	1525	790	1285
Верхний предел, нм	1339	1575	910	1330
Тестирование, нм	1310	1550	850	1300
Максимальная спектральная ширина, нм	10	10	50	150
Возвратные потери, дБ	26	26	20	20
Минимальная полоса пропускания, МГц (МГц·км)			100 (200)	250 (500)

Таблица 7. Сравнение скорости передачи по витой паре и оптоволокону

Тип линии	Скорость, нс/м
Витая пара	4,6–4,9
Оптоволоконно	4,7–5,0

Таблица 8. Средние задержки передачи информации

Протокол	Задержка, мкс
Рефлективная память	1
UDP по Ethernet	86

обеих линий передачи составляет 10 метров, соединение типа точка-точка. Размер пакета составляет 32 байта. Количество пакетов — 50. Средние задержки передачи информации представлены в таблице 8.

**Вывод:** как видно из таблицы, задержки передачи информации по рефлективной памяти значительно ниже из-за отсутствия дополнительной нагрузки в виде служебной информации при передаче информации, а также более быстрой обработки информации самой сетевой картой рефлективной памяти из-за переноса логики управления сетью из программной среды передающего устройства на аппаратный уровень сетевой карты.

#### Вывод

В результате анализа из всех представленных решений для реализации межкомпонентного сетевого взаимодей-

ствия узлов моделирующего комплекса ПНМ целесообразно выбрать реализацию сетевой архитектуры на основе рефлективной памяти, т. к. она обеспечивает работу сети в режиме реального времени с минимальными задержками, реализации такой сети позволяют использовать оптические линии передачи данных, что увеличивает их максимальную длину и обеспечивает помехозащищенность линий передачи друг от друга и от внешних электромагнитных воздействий. Для организации взаимодействия между блоками вычислительной управляющей части комплекса ПНМ возможно применение сетей Ethernet и протокола UDP поверх Ethernet для передачи данных, менее критичных к временным задержкам. Применение протоколов RS-422, RS-485 ограничивается только внутренними соединениями отдельных узлов комплекса ПНМ из-за сильной зависимости скорости передачи данных от длины линии.

#### Литература:

1. Энциклопедия АСУ ТП. Режим доступа: <http://bookasutp.ru/> (дата обращения 14.11.15).
2. Власов, А. И., Нестеров Ю. И., Першин Б. Н. Виртуальный измерительный комплекс // Датчики и системы. 2000. № 4. с. 12–22.
3. Шахнов, В. А., Власов А. И., Мороз А. А., Михненко А. Е. Операционная система реального времени — MeatrixRealTime как основа для построения экспериментальных систем обработки сигналов в реальном времени // Докладов сб. труд. Второй Международной конференции стран СНГ «Молодые ученые — науке, технологиям и профобразованию для устойчивого развития: проблемы и новые решения: сборник научных докладов и тезисов» В 3-х ч. Часть 2. М.: Академия менеджмента инноваций, 2000. с. 100–103.
4. Шахнов, В. А., Власов А. И., Князев В. С. Аппаратно-программный комплекс обработки сигналов для мониторинга и анализа состояния технических систем // В сб. трудов 3-й Международной конференции «Компью-

- терные методы и обратные задачи в неразрушающем контроле и диагностике». М.:МНТПО Спектр, 2002. с. 42–60.
5. Ольховский, И. RS протоколы. Режим доступа: [http://www.ixbt.com/comm/rs\\_proto.html](http://www.ixbt.com/comm/rs_proto.html) (дата обращения 14.11.15).
  6. Семенов, Ю.А. Telecommunication technologies — телекоммуникационные технологии. Режим доступа: <http://book.iter.ru/> (дата обращения 14.11.15).
  7. Справочник по типам и стандартам Ethernet 802.3. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/208202/> (дата обращения 14.11.15).
  8. Socolofsky, T., Kale C. RFC 1180. A TCP/IP Tutorial. Режим доступа: <https://tools.ietf.org/html/rfc1180> (дата обращения 14.11.15).
  9. Соколов, В.В., Стецюра Г.Г. Организация оптической связи узлов рефлективной памяти. // Датчики и системы. 2013. № 8. с. 34–41.
  10. GE Automation. Режим доступа: <http://www.geautomation.com/> (дата обращения 14.11.15).
  11. ANSI/TIA/EIA568-B. Commercial Building Telecommunications Cabling Standard. Arlington: Telecommunications Industry Association, 2001.

## Расчет потерь мощности и энергии в кабельной линии при помощи пакетного вейвлет-преобразования

Киселёв Богдан Юрьевич, ассистент  
Омский государственный технический университет

*В статье рассмотрена система электроснабжения имеющая нестационарную и нелинейную нагрузку в своём составе. Произведён численный расчет потерь мощности и энергии в кабельной линии электропередач при помощи вейвлет-коэффициентов пакетного вейвлет-преобразования. Полученные при помощи (ПВП) значения потерь энергии сравниваются со значениями полученными по действующим значениям различных гармоник, при заранее известных интервалах времени.*

**Ключевые слова:** пакетное вейвлет-преобразование, вейвлет-коэффициенты, нестационарный режим, высшие гармоники

Рассмотрим систему электроснабжения (СЭС) (Рис 1 а). С линейной нагрузкой  $S_n$  и двумя нелинейными нагрузками  $S_{nn1}$  — вентиляльный преобразователь (В) (генерирует 5 и 7 гармоники) и  $S_{nn2}$  — люминесцентные лампы (генерирует 3 и 9 гармоники).

Обычно для расчета режимов СЭС при наличие ВГ применяют принцип наложения. Суть которого состоит в том, что расчет тока в сети производится отдельно для каждой гармонической составляющей, а затем результаты суммируются. Составим схемы замещения для основной частоты (рис. 1б) и для ВГ (рис. 1в).

Параметры электрооборудования для расчета режима представлены в таблице 1.

Время моделирования режима  $t=600$  с. Представленные на схеме нагрузки имеют различные режимы работы. Отсюда вытекает, что режим будет нестационарный. Весь интервал времени разбиваем на 4 промежутка времени, каждому промежутку времени соответствует различная комбинация нагрузок. Тогда ток для каждого интервала времени может быть записан

$$i(t) = \begin{cases} I_{1m} \sin(\omega t) & 0 \leq t \leq 150(c) \\ I_{1m} \sin(\omega t) + I_{3m} \sin(3\omega t) + I_{9m} \sin(9\omega t) & 150 \leq t \leq 300(c) \\ I_{1m} \sin(\omega t) + I_{3m} \sin(3\omega t) + I_{5m} \sin(5\omega t) + I_{7m} \sin(7\omega t) + I_{9m} \sin(9\omega t) & 300 \leq t \leq 450(c) \\ I_{1m} \sin(\omega t) & 450 \leq t \leq 600(c) \end{cases} \quad (1)$$

В результате расчета режима данной схемы получены следующие действующие значения токов ВГ (табл. 2).

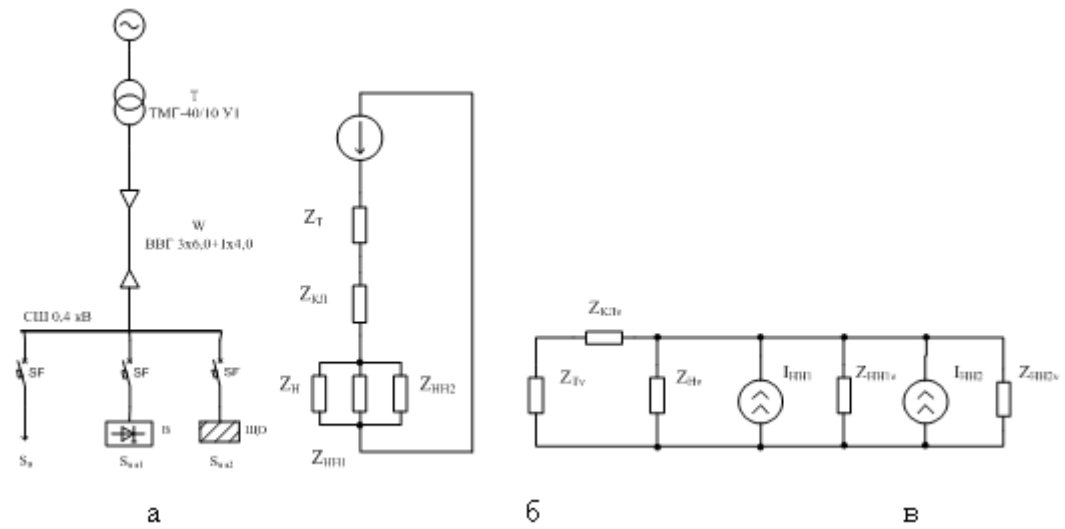


Рис. 1. Система электроснабжения (СЭС) (а), схемы замещения СЭС на основной (б), и высших гармониках (в)

Таблица 1. Паспортные данные трансформатора и кабеля

Трансформатор ТМГ-40/10 У1						
S <sub>ном</sub> кВА	U <sub>кз</sub> %	I <sub>хх</sub> %	P <sub>хх</sub> кВт	P <sub>кз</sub> кВт	U <sub>вн</sub> кВ	U <sub>нн</sub> кВ
40	4,7	3	0,17	0,88	10,5	0,38
Кабельная линия ВВГ 3x6,0+1x4,0						
r <sub>ор</sub> Ом/км		x <sub>ор</sub> Ом/км		I <sub>дл. доп.</sub> А		
0,443		0,0612		180		

Таблица 2. Токи кабельной линии на высших гармониках

Токи кабельной линии			
I <sub>3</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>9</sub>
13,652+j33,98	22,813+j46,133	23,982+j36,853	6,421+j7,826

В стационарном режиме для расчёта потерь мощности и энергии в токоведущих частях необходимо исходную несинусоидальную кривую разложить на сумму синусоидальных с определёнными значениями амплитуд гармоник и их начальных углов [1, с. 282].

Совокупность амплитуд I<sub>vm</sub> и фаз ψ<sub>v</sub> образуют дискретные амплитудный и фазовый спектры. Для решения практических задач расчёта потерь в элементах СЭС основное значение имеет амплитудный спектр частот [2, с. 8].

Потери активной мощности в токоведущих частях без учёта эффекта вытеснения тока могут быть определены по формуле:

$$\Delta P_{\Sigma v} = 3 \sum_{v=1}^n I_v^2 R \tag{2}$$

В случае дискретных сигналов можно применять также формулу

$$\Delta P = 3R \cdot \sqrt{\sum_{k=0}^n \frac{i_k^2(t)}{N}} \tag{3}$$

Тогда потери энергии будут равны [4]:

$$\Delta W_{\Sigma v} = 3 \sum_{v=1}^n I_v^2 R t, \tag{4}$$

Где  $I_v^2$  — квадрат действующего значения тока на  $v$ -той гармонике,  $R$ - активное сопротивление кабельной линии.

Главным принципом пакетного вейвлет-разложения является рекурсивное определение последующих элементов более глубокого уровня разложения. Исходный сигнал (в нашем случае ток) домножается на коэффициенты фильтров высоких частот и низких частот, в результате чего получаются детализирующие и аппроксимирующие коэффициенты соответственно. Математически алгоритм, представленный на рисунке 6 можно записать следующими выражениями [4, с. 3]:

$$\psi_{j,k}^{2n}(t) = \sum_m h(m)\psi_{j-1,2k-m}^n(t) \tag{5}$$

$$\psi_{j,k}^{2n+1}(t) = \sum_m g(m)\psi_{j-1,2k-m}^n(t) \tag{6}$$

Тогда коэффициенты пакетного вейвлет-преобразования — это результат свертки исходного сигнала на основе вейвлета.

$$d_j^{2n}(k) = \sum_m h(m)d_{j-1}^n(2k-m) \tag{7}$$

$$d_j^{2n+1}(k) = \sum_m g(m)d_{j-1}^n(2k-m) \tag{8}$$

Представленная на рисунке 6 схема вейвлет-преобразования предполагает три уровня разложения  $j = 3$ .

Действующие значения тока для искомого частотного диапазона с учетом свойств вейвлет-преобразования (5), (6) может быть получено:

$$I_{100-200} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=0}^{k_m} i_{3,1}^{d_2}(k)}. \tag{9}$$

В результате пакетного вейвлет-разложения получаем матрицы вейвлет коэффициентов (рис. 7), отвечающих за определённые диапазоны частот.

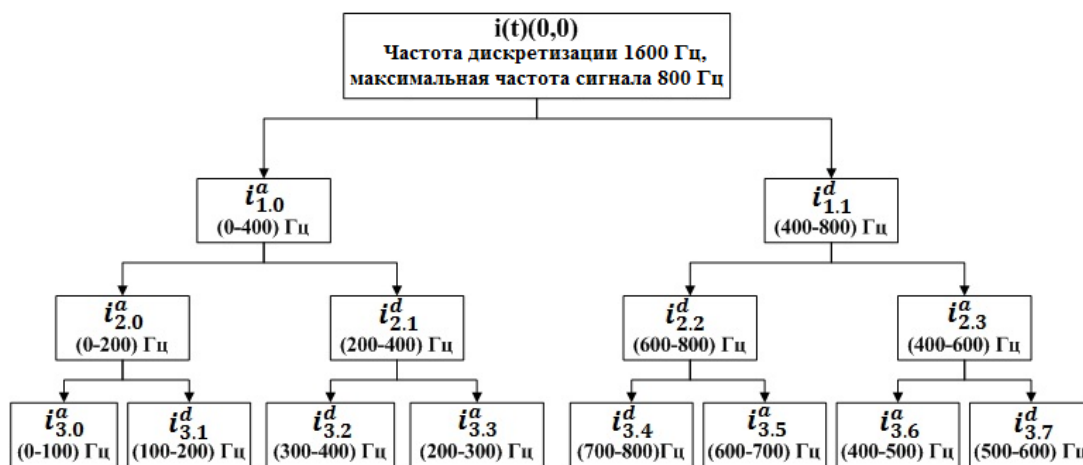


Рис. 6. Блок-схема дерева разложения сигнала

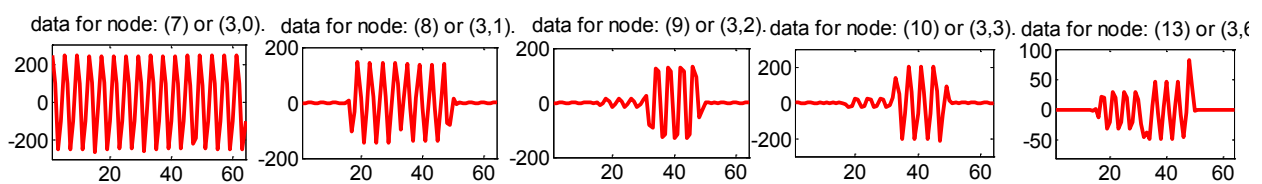


Рис. 7. Вейвлет-спектры коэффициентов

На завершающем этапе работы были рассчитаны потери энергии в кабельной линии на основании вейвлет коэффициентов. Полученные результаты сопоставлялись с потерями, полученными в результате расчета по действующим значениям тока за известный промежуток времени (табл. 3, 4). При этом погрешности в определении потерь очень малы (табл. 5).



На завершающем этапе работы были рассчитаны потери энергии в кабельной линии на основании вейвлет коэффициентов. Полученные результаты сопоставлялись с потерями, полученными в результате расчета по действующим значениям тока за известный промежуток времени (табл. 3, 4). При этом погрешности в определении потерь очень малы (табл. 5).

Таблица 3. Значения потерь энергии в кабельной линии, рассчитанных отдельно для каждой гармоники по формуле  $\Delta W = 3I^2Rt$

$\Delta W_1$ , кВт·ч	$\Delta W_3$ , кВт·ч	$\Delta W_5$ , кВт·ч	$\Delta W_7$ , кВт·ч	$\Delta W_9$ , кВт·ч
583720	89113	88002	64233	68099

Таблица 4. Значения потерь энергии в кабельной линии, рассчитанных отдельно для каждой гармоники, при помощи пакетного вейвлет-преобразования

$\Delta W_1$ , кВт·ч	$\Delta W_3$ , кВт·ч	$\Delta W_5$ , кВт·ч	$\Delta W_7$ , кВт·ч	$\Delta W_9$ , кВт·ч
583570	89974	87091	64317	67044

Таблица 5. Значения погрешностей при определении потерь энергии

$\varepsilon_1$ , %	$\varepsilon_3$ , %	$\varepsilon_5$ , %	$\varepsilon_7$ , %	$\varepsilon_9$ , %
0,026	0,96	1,05	0,13	1,6

Литература:

1. Железко, Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. — М.: ЭНАС, 2009. — 456 с.
2. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий / И. В. Жежеленко. — М.: Энергоатомиздат, 2000. — 331 с.
3. Morsi, W. G., El-Hawary M. E. Time-frequency single-phase power components measurements for harmonics and inter-harmonics distortion based on Wavelet Packet transform. Part I: Mathematical formulation // Electrical and Computer Engineering, Canadian Journal, Vol. 35, Winter 2010. — P. 1–7.

## Векторное управление активным выпрямителем напряжения

Козлов Михаил Дмитриевич, магистрант

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Замкнутые системы регулируемых электроприводов, как правило, используют двухзвенные преобразователи с промежуточным звеном постоянного тока, включающие в себя неуправляемый выпрямитель, силовой фильтр (СФ) и инвертор с широтно-импульсной модуляцией. Замена диодного выпрямителя на активный преобразователь, выполненного на полностью управляемых ключах, работающий в импульсно-модуляционных алгоритмах управления, позволяет обеспечить двусторонний обмен энергией между первичным источником и двигателем, и таким образом, улучшить электромагнитную совместимость и экономичность использования электроэнергии путем повышения КПД всей системы в целом за

счет рекуперации энергии движущихся частей машины. Такие активные преобразователи могут быть построены на основе автономного инвертора напряжения (АИН), если его обратить на сторону переменного тока [1 с. 305; 2 с. 400].

Активный преобразователь напряжения может работать в режиме выпрямителя, если передача энергии идет из питающей сети в двигатель и сетевым инвертором прекуперации энергии в питающую сеть. В дальнейшем АИН, работающий в выпрямительном режиме, называется активным выпрямителем напряжения (АВН). Работа АВН основана на импульсном повышающем напряжении регуляторе, поэтому он обязательно содержит в своем со-

ставе токоограничивающий дроссель, устанавливаемый на стороне переменного тока. На выходе АПН устанавливается конденсатор, обеспечивающий стабилизацию выпрямленного напряжения. [4 с. 256].

В этих преобразователях улучшен гармонический состав тока, потребляемого из сети, а также имеется возможность получения желаемого значения коэффициента мощности, в том числе близкого к единице.

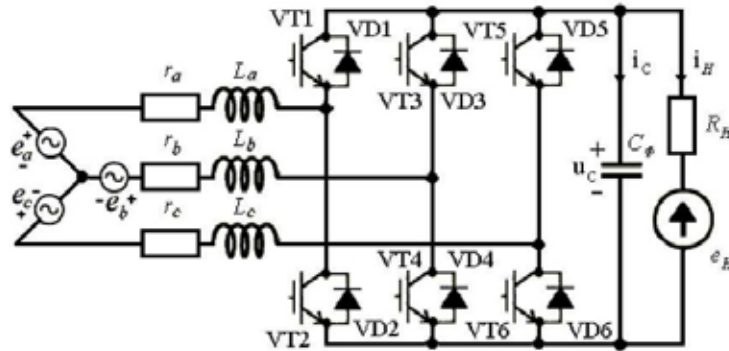


Рис. 1. Трехфазный АПН

АПН могут применяться в трех случаях [5 с. 128]:

- 1) для получения стабильного постоянного напряжения от сети переменного с возможностью рекуперации энергии;
- 2) в качестве преобразователя для питания двигателей постоянного тока с возможностью регулирования скорости и рекуперативного торможения;
- 3) в качестве первого звена в двухзвенных преобразователях для питания асинхронных двигателей с возможностью регулирования скорости и рекуперативного торможения.

Существует несколько подходов к векторному управлению активными выпрямителями напряжения с преобразованием координат [1 с. 205; 3 с. 356].

В этой статье рассмотрен подход, основанный на раздельном управлении АПН по проекциям  $I_x$  и  $I_y$  обобщенного вектора сетевого тока.

Описание электромагнитных процессов проводится в ортогональной системе координат  $x, y$ , связанной с результирующим вектором питающей сети. Математическая основа преобразования координат от неподвижной ( $\alpha\beta$ ) к синхронно вращающейся системе показана ниже.

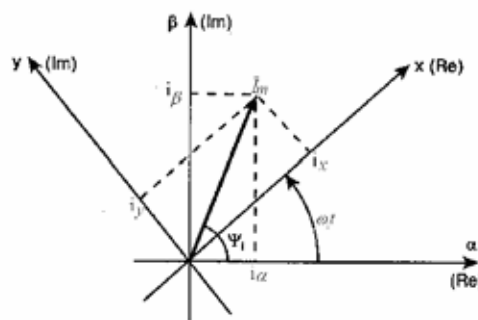


Рис. 2. Преобразование координат в векторной системе управления

Во вращающейся системе координат вектор тока представлен в виде:

$$\vec{I} = i_x + j i_y = I_m$$

где  $I_m$  — модуль результирующего вектора

Если принять, что  $i_x$  и  $i_y$  — соответственно активная и реактивная составляющие обобщенного вектора сетевого тока и система синхронизирована относительно сетевого напряжения, то получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} i_x = i_\alpha \cos(\omega_k t) + i_\beta \sin(\omega_k t) \\ i_y = i_\beta \cos(\omega_k t) - i_\alpha \sin(\omega_k t) \end{cases}'$$

Коэффициент мощности, равный единице, в такой системе, при условии, что прямое и обратное преобразование синхронизированы по фазе и частоте с напряжением сети, может быть получен при задании  $i_y = 0$ . В этом случае справедлива система:

$$\begin{cases} i_x = I_{1m} \\ i_y = 0 \end{cases}$$

Ниже представлена модель MATLAB/Simulink системы управления, использующей этот принцип.

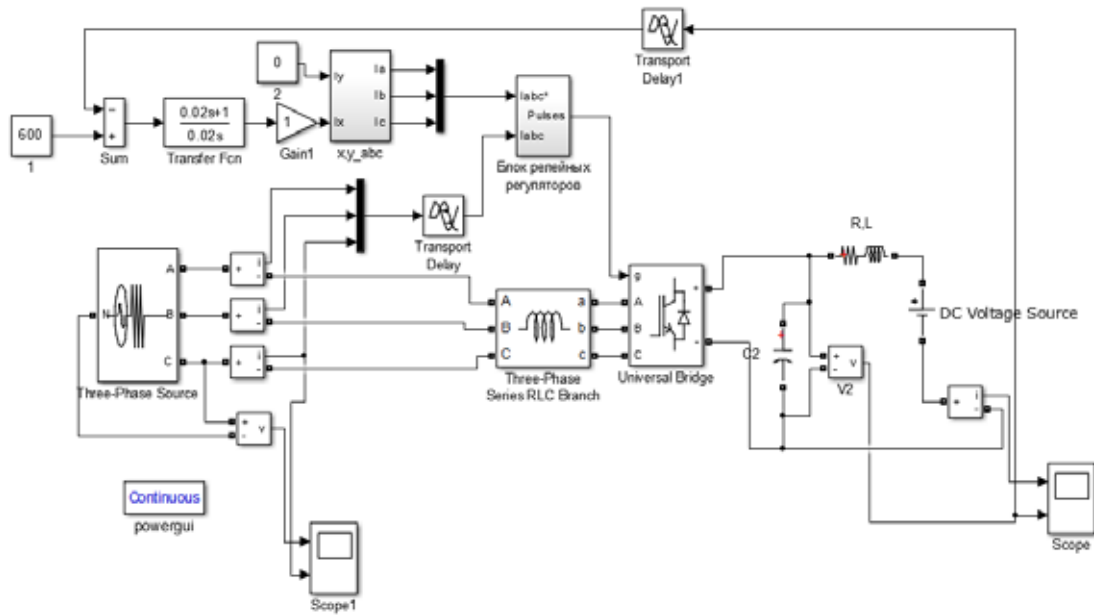


Рис. 3. Система управления АВН по проекциям обобщенного вектора тока

В этой системе управления блок преобразования координат «XY-ABC» осуществляет преобразование проекций  $I_x$  и  $I_y$  обобщенного вектора сетевого тока из вращающейся системы координат к трехфазной системе токов  $i_A$ ,  $i_B$ ,  $i_C$ . Блок релейных регуляторов включает три канала,

которые являются обеспечивают гармонической формы сетевых токов. Блок управления включением/выключением АВН обеспечивает включение АВН в заданный момент времени.

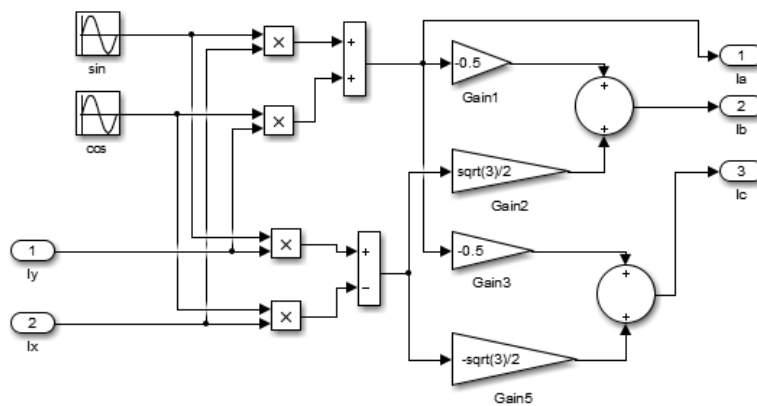


Рис. 4. Блок преобразования координат

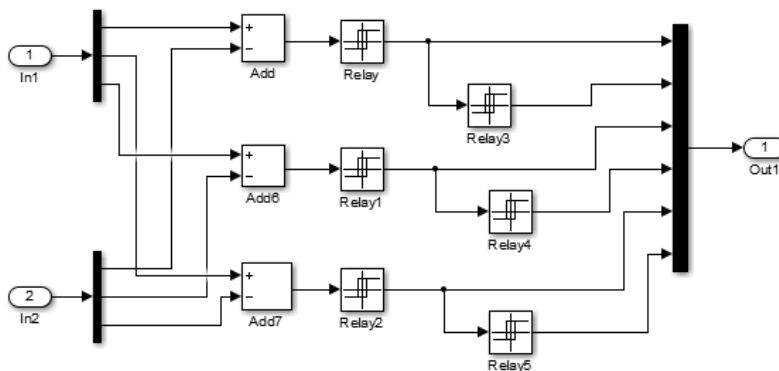


Рис. 5. Блок релейных регуляторов

В ходе моделирования была рассмотрена работа АВН в выпрямительном и инверторном режимах.

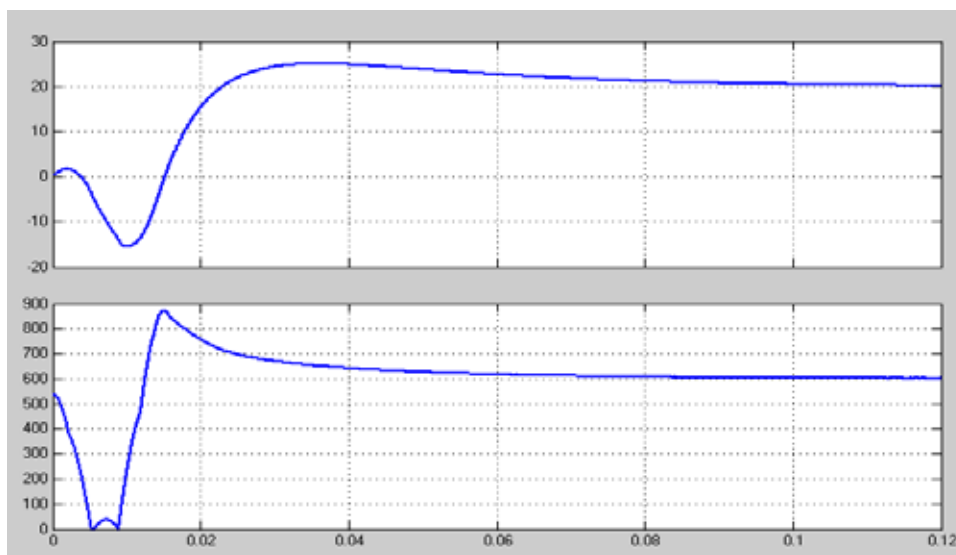


Рис. 6. Работа АВН в выпрямительном режиме

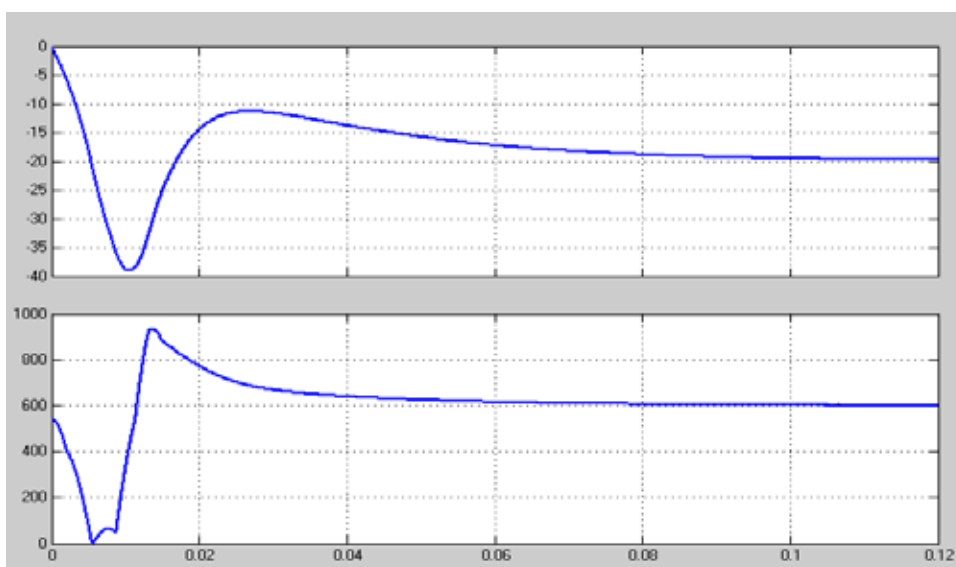


Рис. 7. Работа АВН в инверторном режиме

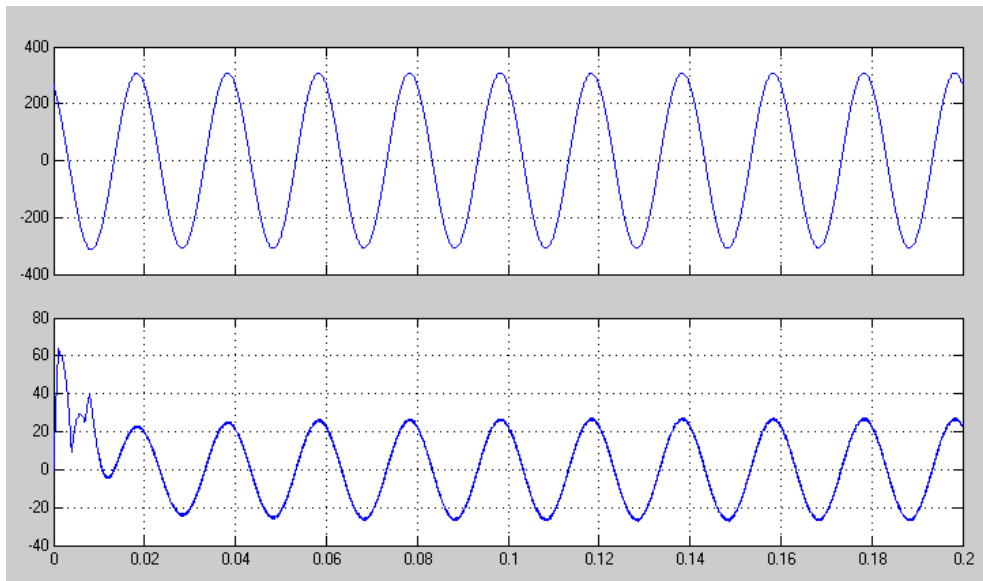


Рис. 8. Графики напряжения и тока фазы С при работе АВН в выпрямительном режиме

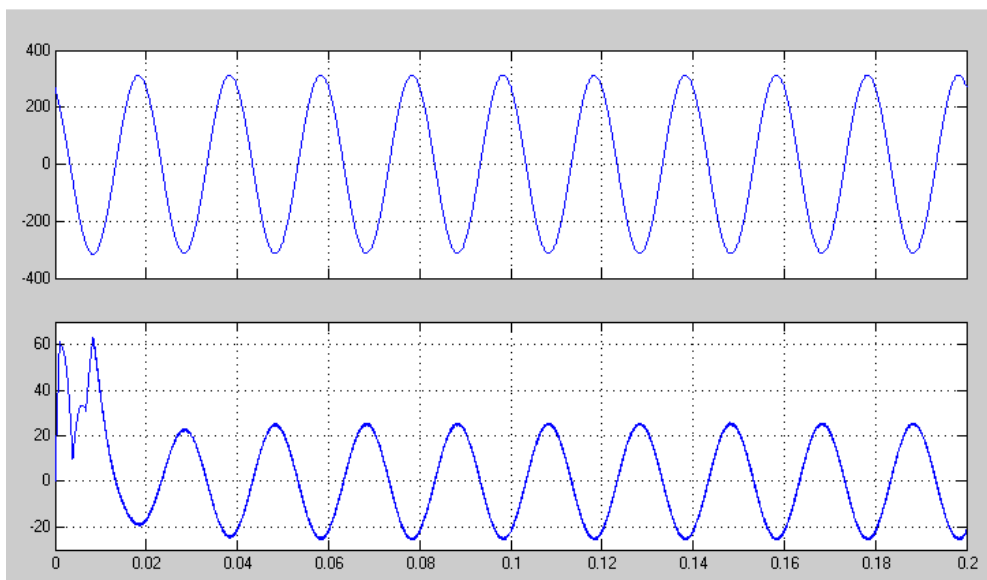


Рис. 9. Графики напряжения и тока фазы С при работе АВН в инверторном режиме

В дальнейшем, в рамках магистерской диссертации, будет проведено исследование работы активного выпрямителя напряжения в составе авиационной системы генерирования электрической энергии постоянного тока.

#### Литература:

1. Герман-Галкин, С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: Корона-ВЕК, 2008. — 368 с.
2. Герман-Галкин, С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab-Simulink. Учебник. — СПб.: Лань, 2013. — 448 с.
3. Шрейнер, Р.Т. Математическое моделирование электроприводов переменного тока с полупроводниковыми преобразователями частоты. — Екатеринбург: УРО РАН, 2000. — 653 с.
4. Ефимов, А.А. Активные преобразователи в регулируемых приводах переменного тока / А.А. Ефимов, Р.Т. Шрейнер. — Новоуральск: НГТИ, 2001. — 250 с.
5. Ефимов, А. А Математическое моделирование и испытания опытного образца активного выпрямителя напряжения / Ефимов А. А, Базарнов А.А., Глухов В.А., Зиновьев Г.С. — Красноярск: Сиб. Федер. Университет. ИКИТ, 2013. — с. 128–134



## Технические и программные средства съёма и защиты информации

Козлова Екатерина Аркадьевна, ассистент;  
Недовесова Арина Александровна, студент  
Дальневосточный федеральный университет

*Ключевые слова:* съём информации, защита информации, информационная безопасность.

В настоящее время информация стала одним из наиболее ценных ресурсов. Для оперативного получения интересующих сведений используют всевозможные технические средства. В связи с этим актуальным направлением стало обеспечение безопасности информации. Для этого изучаются способы съёма информации и разрабатываются современные многофункциональные средства защиты, способные предотвратить нелегальный доступ к информации.

Одной из отраслей, способствующих созданию уникальных по своим функциям и размерам технических средств, является нанотехнология — перспективное, активно развивающееся направление науки, представляющее собой методы по созданию материалов размерами от 1 до 100 нм, имеющих уникальные свойства.

Техника, изготовленная с применением нанотехнологий широко применяется в сфере информационной безопасности для:

1. Съёма информации;
2. Защиты информации.

Наиболее распространёнными средствами съёма информации являются жучки и камеры.

Для защиты информации используются такие технические средства, как камеры, индикаторы и детекторы.

Благодаря разнообразному дизайну современные микрокамеры, применяющиеся как для съёма, так и для защиты данных, облегчают осуществление несанкционированного доступа к информации.

На современном рынке представлен большой ассортимент мини и микрокамер. Современные технологии позволяют встраивать камеры в шариковые ручки, часы, плееры, брелки, пуговицы, зажигалки и другие предметы. Это существенно облегчает выполнение скрытой съёмки. Популярны сегодня камеры имеют схожие характеристики. Разрешение от 640x480 до 1920x1080 пикселей, возможность осуществления фото и видео съёмки, как в дневное, так и в ночное время, хороший угол обзора — до 185 градусов, запись информации ведётся на MicroSD объёмом до 64 Гб, размеры камер варьируются начиная от нескольких сантиметров, что позволяет найти максимально подходящую для выполнения поставленной задачи камеру. Большим недостатком всех камер является небольшое время автономной работы, чаще всего оно не превышает 1,5 часов.

С наступлением времени активного пользования банковскими картами камеры также стали использовать для получения пин-кодов карт. Для этого их устанавливают

неподалёку от банкоматов. Однако существует множество других способов воровства с кредитных карт таких, как пластиковые конверты, которые закладываются в щель банкомата; различные насадки, устанавливаемые на терминале, способствующие получению информации о карте. Но не так давно появился новый способ взлома банковских карт. Он представляет собой Android приложение, которое способно переснять реквизиты банковской карты, работающей с помощью протокола NFC. Данный протокол является расширением стандарта ISO 14443 для бесконтактных карт. Приложение позволяет завладеть номером пластиковой карты, номером банковского счета, а также сроком действия данной карты. Всё, что необходимо для съёма вышеперечисленной информации это поднести устройство, на котором установлено приложение на расстоянии не более 10 см от банковской карты. Далее программа под видом торгового терминала без ведома владельца считывает с карты информацию.

Ещё одним популярным средством съёма информации являются жучки. Их функциональные возможности позволяют негласно получать акустическую информацию посредством прослушки любых разговоров. Зачастую жучок практически невозможно обнаружить без использования специальных технических средств, в связи с очень маленькими размерами, а также использованием маскировки под различные объекты, такие как сетевой фильтр, компьютерная мышь, USB-флеш-накопитель, часы.

Большинство современных жучков имеют схожие основные характеристики. Все они имеют небольшие размеры и вес, постоянно работают при питании от USB или 220В, однако автономная работа устройства в среднем составляет не более 3 часов, радиус захвата микрофона до 30 м<sup>2</sup>. Недостатком некоторых моделей является отсутствие активации голосом, которая позволяет в случае начала разговора в области действия жучка совершить обратный звонок хозяину, а также предоставляет возможность работы устройства в режиме ожидания, тем самым увеличивая время работы до нескольких дней.

Чтобы минимизировать возможность утечки данных с помощью рассмотренных технических средств необходимо использовать оборудование, способное предотвратить съём информации представленными ранее способами. Для выполнения таких задач применяются детекторы камер и жучков.

Уже существуют приборы, сочетающие в себе функции оптического обнаружения микрокамер и выявления на-

личия подслушивающих устройств. Для поиска скрытых видео камер используется явление отражения света от линзы объектива. Жучки обнаруживаются за счёт улавливания исходящего от них радиосигнала.

Быстрое развитие технологий позволяет создавать всё более действенные способы съёма информации. Это приводит к необходимости разработки новых технических

средств защиты. Информация стала важной, ценной частью современной жизни, поэтому нельзя допускать несанкционированный доступ к информации, а также её утечку. В связи с этим, при появлении новых способов съёма информации, должны своевременно создаваться соответствующие средства защиты, способные предотвратить нелегальный доступ к информации.

Литература:

1. Детекторы жучков, жучки, скрытые камеры — URL: <http://www.spytome.net/audio.html>

## Направления использования девулканизата

Кузнецова Наталия Александровна, студент;

Князев Юрий Викторович, студент;

Родионов Дмитрий Александрович, студент;

Макеев Павел Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель

Тамбовский государственный технический университет

Вопросы экологии и эффективность вторичного использования сырья становятся все актуальнее в мире, и ведущие мировые предприятия уделяют решению этих проблем очень серьезное внимание. Перспективным направлением в этой области является процесс девулканизации РТИ.

Процесс девулканизации заключается в нагревании измельченной резины с добавками в течение определенного времени при повышенной температуре (160–190 °С). При этом происходит деструкция вулканизированного каучука: его пространственная структура частично разрушается, причем разрывы ее происходят как по местам присоединения атомов серы, так и в самих молекулярных цепях. В результате девулканизации сокращается число поперечных и основных связей каучука, следствием чего является возникновение растворимой фракции. Установлено, что каучуковое вещество в регенерате существует в виде массы набухшего в мягчителе геля — нерастворимой части и распределенных в ней частиц золя — растворимой части. Таким образом, набухание резины в мягчителе способствует ее девулканизации. [1]

Производство девулканизата имеет большое экономическое значение, так как дает возможность использовать каучук, который остается от старых резиновых изделий, сократить расход свежего каучука и значительно снизить затраты на производство резиновых изделий. Например, автомобильные коврики в процессе эксплуатации теряют в результате износа всего около 15–20% своей первоначальной массы и в старых автопокрышках остается около 75% израсходованного на их производство каучука и других ценных ингредиентов, которые следует пустить на повторную переработку.

Основное свое применение девулканизат нашел в качестве добавки для изготовления новых резиновых смесей.

При введении девулканизата в резиновые смеси увеличивается скорость их смешения. Продолжительность приготовления смесей на вальцах или в закрытом смесителе сокращается на несколько минут, а в некоторых случаях — вдвое. Кроме того, уменьшается расход энергии при обработке девулканизата, так как он содержит диспергированные ингредиенты и обладает достаточной пластичностью. Девулканизат в резиновых смесях можно рассматривать как сшитый полимер, что обуславливает постоянство свойств регенератных смесей при их переработке. Регенератные смеси имеют меньшую усадку и обладают хорошей каркасностью. При вулканизации изделий, содержащих девулканизат, без применения форм деформация заготовки незначительна. При повторном вальцевании регенератные смеси пластицируются в меньшей степени, чем смеси, приготовленные на основе каучука, т. е. они менее чувствительны к перепластикации. Вследствие небольшого теплообразования смесей, содержащих девулканизат, опасность подвулканизации при обработке их на вальцах, каландрах, в смесителях и шприц-машинах снижается. При введении в резиновые смеси девулканизата можно применять повышенные скорости шприцевания и каландрования при хорошем сохранении профиля формуемой заготовки.

Применение девулканизата очень эффективно в резиновых смесях, используемых для промазки ткани на каландрах. Девулканизированные смеси желательны применять в производстве формовых изделий, особенно больших размеров, так как они медленно растекаются и лучше вытесняют воздух из форм, что предотвращает об-

разование пузырей и недопрессовки. При использовании девулканизата может быть сокращен расход ускорителей и оксида цинка. Девулканизат препятствует также реверсии вулканизации. К числу недостатков девулканизата, ограничивающих его применение в резиновых смесях, относится уменьшение эластичности резин, модуля, прочности при разрыве, сопротивления раздиру, истиранию и усталостной прочности.

При изготовлении резиновых смесей, содержащих девулканизат, сначала разделяют пластицируют каучук и девулканизат, а затем их смешивают. Серу и ускоритель вводят в смесь из расчета на общее содержание полимера (каучука и каучукового вещества регенерата). Если получаемая резина должна обладать повышенным сопротивлением старению, содержание серы снижают на 20–30% по сравнению с обычно принятым для смесей на основе каучука. Антиоксиданты и наполнители вводят только из расчета на содержание каучука. Это объясняется тем, что они практически распределяются в каучуке; в частицах девулканизата содержатся только те наполнители, которые были в исходной регенерируемой резине. Свойства резин, содержащих девулканизат, могут быть значительно улучшены введением в смеси активных усиливающих наполнителей (тонкодисперсного технического углерода, высокомолекулярных смол).

Девулканизат применяют в производстве шин, резиновых технических изделий (транспортных лент, рукавов, прокладок, аккумуляторных баков), в производстве резиновой обуви. При использовании девулканизата в губчатых резинах снижается эластическое восстанов-

ление смесей и уменьшаются колебания в размерах пор при вулканизации. С растворителями (обычно в присутствии смол) девулканизат дает ценные клеи с высоким содержанием каучукового вещества. Он довольно легко диспергируется в воде и в смеси с натуральным или синтетическим латексом обеспечивает получение высококачественных адгезивов. Из одного девулканизата в основном готовят только неответственные изделия: ковры, бытовые дорожки, полутвердые трубки для изоляции, садовые рукава и др. [2]

В заключение стоит отметить, что применение девулканизата позволяет экономить каучук, наполнители и пластификаторы при использовании в резиновых смесях, что значительно удешевляет стоимость готовых изделий. Применение девулканизата в резиновых смесях способствует увеличению стойкости к атмосферному старению, окислению, повышенной температуре; увеличению сопротивления разрастанию трещин. При каландровании, шприцевании и вулканизации девулканизат снижает усадку смесей и расход ускорителя. При введении девулканизата уменьшается пузыреобразование и недопрессовка, увеличивается скорость смешения и вулканизации, что приводит к уменьшению энергозатрат. Таким образом он широко используется в резиновых смесях и при производстве новых шин как заменитель каучука. При этом девулканизат из шинной крошки в 4 раза дешевле каучука. Следовательно, для применения девулканизата в отечественной резиновой и шинной промышленности имеется надежный и постоянно действующий экономический фактор.

#### Литература:

1. Механизм процесса девулканизации РТИ [Электронный ресурс]. — URL: [http://www.domrezin.ru/articles\\_15.html](http://www.domrezin.ru/articles_15.html) (дата обращения: 20.04.2016).
2. Шашков, И. В. Валковое оборудование и технология процесса непрерывной переработки отходов пленочных термопластов. Автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. техн. наук по спец. 05.02.13: Тамбов, 2005. 16 с.
3. Вторичная переработка полимерных материалов на вальцах / И. В. Шашков, А. С. Клинков, М. В. Соколов, Д. Л. Полушкин // Полимеры в строительстве: Тез. докл. — Казань, 2004. — с. 111.
4. Технология получения полимерпесчаной черепицы из отходов термопластов / С. П. Хрущев, И. В. Шашков, А. С. Клинков, П. С. Беляев // Полимеры в строительстве: Тез. докл. — Казань, 2004. — с. 110.
5. Утилизация полимерной тары и упаковки (Учебное пособие) Клинков А. С., Беляев П. С., Соколов М. В., Шашков И. В., Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 64 с.

## Применение композиционных полимерных материалов на основе минеральных наполнителей в строительстве

Кузнецова Наталия Александровна, студент;

Князев Юрий Викторович, студент;

Родионов Дмитрий Александрович, студент;

Шашков Иван Владимирович, кандидат технических наук, старший преподаватель  
Тамбовский государственный технический университет

Минеральные наполнители весьма распространены в полимерной промышленности. Они часто, при стоимости 6–15 центов/фунт, заменяют значительно более дорогие полимеры, повышают жесткость наполненного продукта и придают полимеру более высокую огнестойкость. Примерно из 15 млрд фунтов наполнителей в Америке и Европе около половины объема входят в состав эластомеров, одна треть — в термопласты, а остальные — в терморезистивные материалы. Около 15% всех производимых пластмасс содержат наполнители. [1]

Зачастую полимерные композиционные материалы используются в строительстве. Например, тротуарная плитка, изготовленная из смеси полимера и песка.

Для производства плитки сначала подготавливаются составляющие ее компоненты. Просеивается, промывается и прокаливается песчаная основа. Затем песок, полимеры на основе полиэтиленов, пигменты красителей и присадки тщательно перемешиваются в специальных емкостях и подвергаются нагреву свыше 250°C. Полученный однородный состав формируется и прессуется в формах высокого давления.

Технология обеспечивает полную повторяемость размеров, форм и окраски, поэтому с помощью такой плитки можно воспроизводить любые геометрические, цветовые сочетания. Получаемый результат на порядок превосходит применение обычной плитки как по внешнему виду, так и по эксплуатационным параметрам.

Производство ведется на современном автоматизированном оборудовании, получаемая продукция, в частности полимерпесчаная тротуарная плитка. Полимерный связующий компонент обеспечивает пластичность, что в сочетании с прочностью дает почти стопроцентный выход качественного материала, начиная от производства и хранения, до транспортировки, монтажа и эксплуатации. Полимерно-песчаная тротуарная плитка намного долговечнее, устойчивее к внешней среде, чем обычная. И ведь это городская среда, где должна быть стойкость к истиранию, высоким механическим нагрузкам, воздействию масел и кислотосодержащих жидкостей, твердость и прочность, невосприимчивость точечной раскалываемости и множество других показателей надежности. Надо сказать, что теоретическая (расчетная) долговечность материала превышает сто пятьдесят лет. Но, например, по параметру цветоустойчивости, плитка не теряет цвет рисунка вечно. Ее окрашивание современными, не выгорающими даже под прямыми солнечными лучами, красите-

лями производится на всю глубину (в среднем толщина до пяти сантиметров) материала. Важной особенностью является отсутствие выделения пыли с поверхности покрытия (что характерно для других материалов) и испарений в жаркое время года. Даже под палящим солнцем, покрытие не «газит» канцерогенами, как тот же асфальт. Плитка просто моется, предназначена для многократного использования, позволяет легко ремонтировать, разбирать и снова укладывать отдельные участки покрытия. Кроме всего перечисленного, тротуарная плитка полимерная имеет низкий вес. Сочетание всех свойств делает возможным ее использование в условиях мест массовой посещаемости (как в наружном, так и во внутреннем применении). Это лучший вариант для покрытий площадок мест отдыха (парки, кафе и др.). Но и в условиях производственных помещений предоставления сервисных услуг, таких, как техстанции, заправки, мастерские, прочная плитка обеспечит качественное покрытие. [2]

В строительстве так же используется полимерцементная (или неорганическая) гидроизоляция. У полимерцементных гидроизоляционных составов есть ряд преимуществ по сравнению с битумными мастиками и рубероидами. Во-первых, они экологически безвредны, их можно применять и внутри помещения. Во-вторых, полимерцементная гидроизоляция не подвержена такому быстрому разрушению, как традиционная органическая гидроизоляция. Они имеют высокую прочность адгезии с различными основаниями (бетонным, кирпичным, деревянным, металлическим и др.). Благодаря большой когезионной прочности полимерцементная гидроизоляция может воспринимать как статические, так и динамические нагрузки. Из-за хорошей паропроницаемости неорганической полимерцементной гидроизоляции исключается проблема образования вздутий и пузырей, ее можно наносить на влажные и мокрые поверхности (иногда увлажнение поверхности перед нанесением гидроизоляционного полимерцементного материала является обязательным условием). Неорганической цементной гидроизоляции характерны высокие долговечность и ремонтпригодность, удобство в работе и большая производительность нанесения. Все эти преимущества полимерцементных гидроизоляционных составов перед традиционными мастиками и рубероидами и определяют область их применения. Их используют для стен фундаментов и подвалов, резервуаров для воды, плавательных бассейнов (очень важной особенностью выступает воз-

возможность совмещать функции гидроизоляции и клея для облицовочной плитки, стен и полов во влажных помещениях (автомойки, ванные комнаты), поверхностей эксплуатируемых террас и балконов, а также для защиты строительных конструкций от воздействия агрессивной среды (различных кислот).

Цементно-полимерный бетон.

Цементно-полимерный бетон представляет собой цементный бетон с добавкой высокомолекулярных органических соединений в виде водных дисперсных полимеров. Они характеризуются наличием двух активных составляющих — минерального вяжущего и органического полимера. Вяжущее с водой образует цементный камень, склеивающий частицы заполнителя в монолит. Полимер по мере удаления воды из бетона образует на поверхности пор, капилляров, зёрен цемента и заполнителя тонкую плёнку, которая обладает хорошей адгезией и способствует повышению сцепления между заполнителем и цементным камнем, улучшает монолитность бетона и работу минерального скелета под нагрузкой.

Литература:

1. <http://rus-polymer.ru/analitika/stati-o-polimerax.html>
2. <http://ogodom.ru/polimerpeschanaja-plitka-trotuarnaja-ukladka-oborudovanie.html>
3. <http://www.ogneupory.com/information/10/>
4. Вторичная переработка полимерных материалов на вальцах / И. В. Шашков, А. С. Клинков, М. В. Соколов, Д. Л. Полушкин // Полимеры в строительстве: Тез. докл. — Казань, 2004. — с. 111.
5. Технология получения полимерпесчаной черепицы из отходов термопластов / С. П. Хрущев, И. В. Шашков, А. С. Клинков, П. С. Беляев // Полимеры в строительстве: Тез. докл. — Казань, 2004. — с. 110.
6. Утилизация полимерной тары и упаковки (Учебное пособие) Клинков А. С., Беляев П. С., Соколов М. В., Шашков И. В., Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. 64 с.

В результате цементно-полимерный бетон приобретает особые свойства: повышенную по сравнению с обычным бетоном прочность на растяжение и изгиб, более высокую морозостойкость, хорошие адгезивные свойства, высокую износостойкость, влагонепроницаемость.

Введение полимерных добавок увеличивает пластичность растворных смесей по сравнению с чисто цементными. Добавка вводится в количестве 2–15% от объёма бетона.

Цементно-полимерные бетоны изготавливают по той же технологии, что и обычные цементные бетоны.

Наиболее целесообразно применять эти бетоны для тех конструкций и изделий, где можно использовать особенности их свойств, например, для изготовления наливных полов, дорожных покрытий, отделочных составов, коррозионно-стойких покрытий. [3]

Как мы видим, добавление минеральных наполнителей существенно снижает стоимость конечного изделия из полимера, расширяет возможности их применения, улучшает химические и физические свойства.

## Интенсификация процесса проектирования одежды

Кулиева Шахноза Халимовна, кандидат педагогических наук, доцент  
Бухарский государственный университет (Узбекистан)

Основным принципом создания САПР является принцип модульной структуры, в соответствии с которым система должна состоять из отдельных модулей, организованных и связанных между собой управляющей подсистемой САПР.

Данный принцип обеспечивает возможность поэтапного ввода системы в действие, а также совершенствования и усложнения системы одновременно с её эксплуатацией. Модуль (агрегат) — это функциональный узел, предназначенный для многократного применения и имеющих упорядоченные значения параметров.

САПР как объект проектирования является сложной технической системой. Под сложной технической системой понимают технические объекты, характеризующиеся следующими свойствами:

- целенаправленностью,
- целостностью,
- иерархичностью,
- многоаспектностью,
- развитием.

Интенсифицировать процесс проектирования одежды невозможно, если по-прежнему рассматривать каждую новую модель как индивидуальную, проектируемую и изготавливаемую заново. Как было показано выше, проектирование новых моделей одежды целесообразно осуществлять рациональными ассортиментными сериями (РАС).

Информационная база для автоматизированного проектирования базовых основ включает входную и выходную информацию.



Входную информацию для удобства использования подразделяют на условно-постоянную и переменную. Условно-постоянная информация включает два массива. Массив 1 — это матрица, содержащая числовые значения размерных признаков фигур типового телосложения базисных размеров и ростов во всех размерно-полнотных группах, а также значения межростовых и межразмерных приращений. Массив 2 — это матрица, содержащая числовые значения поправочных коэффициентов и параметров (например, для платья — вытачек спинки в зависимости от размерной подгруппы фигуры, на которую разрабатываются конструкции, и характера членения спинки). К условно-постоянной информации относят также методы выполнения отдельных этапов проектирования базовой основы: определение координат базисной сетки, узловых точек, расчетов контуров деталей, градации лекал и др.

Переменная информация также состоит из двух массивов. Массив 3 — вектор припусков на свободное облегание, формируется в соответствии с перспективным направлением моды и зависит от базисного размера БР и ее заданной силуэтной формы (выбирается в соответствии с кодом БР). Массив 4 — вектор, содержащий информацию о размере и типе телосложения (типовая, нетиповая) фигуры, числовых значениях размерных признаков (только для фигур нетипового телосложения), характере членения спинки и силуэтной форме БР.

Выходной информацией являются: числовые значения основных конструктивных параметров базисной сетки чертежа, координаты всех узловых точек деталей БР, угловые коэффициенты касательных векторов для расчета контуров деталей, а также значения межразмерных и межростовых приращений координат узловых точек БР.

Переход от базовой основы к типовой базовой конструкции с различным покроем рукава осуществляется в рамках единого математического описания, позволяющего синтезировать БО и ТБК посредством агрегатирования из унифицированных структурных и формообразующих элементов — конструктивных модулей (о конструктивных модулях). Модульный подход позволяет получать достаточно большое разнообразие типовых базовых конструкций, оперируя вариантами только входной информации, исключает дублирование однотипных информации, что повышает эффективность процесса проектирования. Гибкая структура программного обеспечения, основанная на принципах модульности и иерархичности, позволяет относительно быстро составлять программу из программных модулей с помощью специальной головной программы. Любой модуль при этом может быть вызван автономно на выполнение тест-программы в соответствии с конкретно-целевой версией проектной процедуры. Эти особенности структуры программного обеспечения позволяют также легко наращивать функциональные возможности системы, расширяя набор программных модулей или модифицируя существующие.

Процесс разработки конструкции новой модели в условиях массового производства отличается довольно стабильной последовательностью выполнения этапов проектирования. Однако качество и скорость выполнения проектных работ различны и зависят от опыта и интуиции конструктора. Конструктивное моделирование традиционно осуществляется с помощью различных графических приемов. Основная цель автоматизации процесса моделирования заключается в сокращении числа циклов, превращении его в линейный процесс, а также в сокращении длительности цикла за счет реализации на ЭВМ ряда формальных графических построений. При существующих условиях частично эта задача решается путём типового проектирования, создания серий моделей на одной конструктивной основе или с использованием унифицированной конструкции, унифицированных деталей и конструктивно-декоративных элементов. Принципиально различных конструктивных решений основных деталей одежды значительно меньше, чем моделей. В связи с этим целесообразно накапливать в автоматизированных системах запись типовых конструктивных устройств одежды различных видов и покроев. В случае необходимости они могут быть использованы в качестве прототипов при разработке новых моделей одежды.

В зависимости от сложности и характера геометрических преобразований может быть выделено несколько видов проектных процедур:

- модифицирование на существующих в памяти ЭВМ типовых решениях в соответствии с эскизом и заранее принятыми параметрами преобразования детали;

- агрегатирование, предусматривающее создание ассортиментных серий с использованием типовых унифицированных базовых основ или деталей и унифицированных конструктивно-декоративных элементов;

- произвольное проектирование без использования типовых решений (свобода действий конструктора практически не ограничена, неопределенность принятия решений максимальная).

Математическая модель процесса моделирования представляет собой некоторое формализованное описание, находящееся в определенном сходстве с исследуемыми процессами или системами.

В результате анализа действий конструктора при проектировании новой модели, проведенного с помощью итерационного эксперимента, на примере мужского пиджака показана схема сценария диалога проектировщика и ЭВМ в процессе моделирования деталей одежды. Отвечая на поставленные вопросы сценария, конструктор с помощью ЭВМ управляет ходом процесса моделирования. Оценивая на экране дисплея действия машины, он вносит соответствующие преобразования непосредственно с пульта, подключая необходимые программы, которые заложены в блоки ЭВМ.

На схеме 5.5 представлен фрагмент общей блок-схемы, составленной по модульному принципу из основного и дополнительных блоков. После внесенных изменений в конструкцию информация о величине преобразования из работающего блока поступает в те блоки, с которыми этот блок взаимосвязан. Если деталь изменению не подвергается, действия от начала основного блока переходят на начало дополнительного.

Следующие друг за другом блоки образуют группы, в которых отражена последовательность преобразования каждой детали изделия.

Схема взаимосвязи в процессе моделирования мужского пиджака представлена в виде графа (рис. 1). Граф даёт наглядное представление о видах работ в отдельных блоках. Каждый блок объединяет процедуры, осуществляющие моделирование конкретной детали изделия.

Так, моделирование полочки происходит в блоке, включающем процедуры 1–16, общий блок 17–23 осуществляет различные варианты членений всех деталей, блок 24–27 предназначен для моделирования воротника, блок 28–34 — для моделирования спинки, 35–40 — для моделирования рукав, 41–46 — для моделирования отрезной боковой части полочки (отрезной бочка). Отсутствие моделирования одной из деталей дает возможность исключить этот блок из графа процесса.

При моделировании женской одежды большое распространение имеют графические приемы переноса раствора а вытачек введения различных новых линий членения. На практике для этих целей чаще всего

используют метод шаблона, при котором лекала разрезают по намеченным конструктором линиям, отрезанные части поворачивают или сдвигают на новое место. В этом случае геометрические преобразования относятся не к отдельным линиям, а ко всем смещающимся участкам (частям) лекал.

Преобразования, осуществляемые методами шаблона, относятся к группе плоско вращательного движения, при котором сохраняется конгруэнтность углов и отрезков. Эти движения можно представить как сумму простых преобразований сдвига и поворота. Суммарная матрица преобразования получается путем перемножения соответствующих матриц сдвига и поворота на угол имеет следующий вид:

Эта матрица используется для расчета нового положения конструктивных точек, она же определяет и преобразование контуры которое относится к типу 200. В месте стыковки контура должны соблюдаться условие гладкости.

Проектно-конструкторская документация на конструктивное моделирование с помощью ЭВМ может быть представлена в виде следующих документов: техническое задание на проектирование модели; карта на проектируемую модель — эскиз; карта на конструктивное моделирование для ЭВМ; комплекточная карта на проектирование серии. В техническом задании указываются основные сведения по разработке проектно-конструкторской документации. В карте эскиза указываются коды всех деталей, которые должны быть спроектированы в соответствии с представленной моделью. Карта на конструктивное моделирование детали

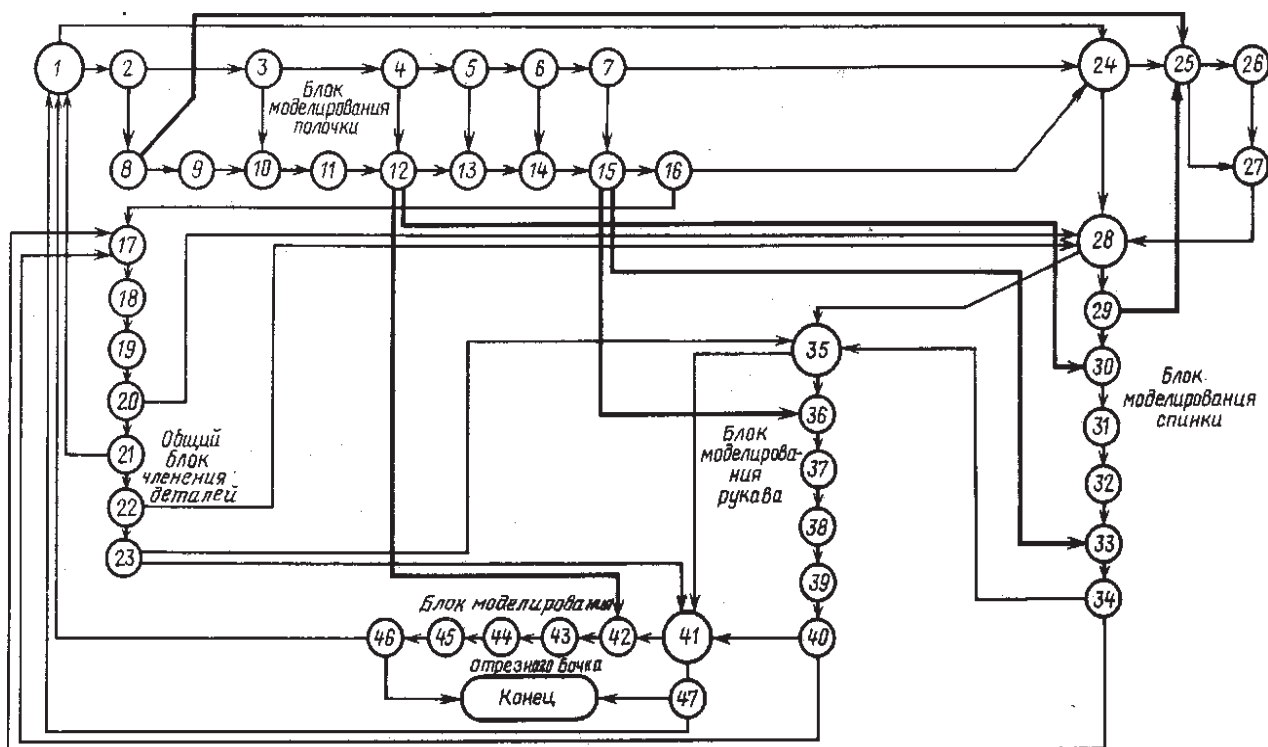


Рис. 1. Элементы геометрических преобразований детали при моделирования

является непосредственной информацией для ЭВМ. В ней даются чертеж первоначального лекала, кодировка контуров и точки преобразования для моделирования (форма 5.2). Задание на разработку серии моделей может

быть представлено комплектовочной картой, в которой указываются сведения на компоновку деталей из массива базы данных типовых конструкций для формирования серии.

Литература:

1. Ю.С. Мязина, Л.Н. Лисиенкова. САПР одежды. Учебное пособие. Издательство ЮУрГУ. — Челябинск, 2007. — 48 с.
2. Данчул, А.Н. Системотехнические задачи создания САПР. — М.: Высшая школа, 1990. — 144 с.
3. Ташпулатова, М.Б., Бахронова Д.М. Основные принципы системы автоматизированного проектирования швейных изделий. Молодой учёный. Международный научный журнал. № 7 (111). Часть II. — Казань, 2016. — Стр. 194–196.

## Эволюция упаковки, её дизайн и дополненная реальность

Лебедев Александр Владимирович, магистрант  
Российский университет дружбы народов

*Нет предела новых идей, развитие технологий стремится все быстрее и быстрее каждый день. Упаковка — не исключение, она всегда была рядом с человеком и всегда помогала ему в самые трудные времена. Начиная от повседневных перевозок и заканчивая ледниковым периодом. На самом деле, упаковка существовала еще даже до появления человекоподобного гоминида. Самый банальный пример, это фрукт, а точнее, его оболочка — кожура. Кожура апельсина призвана сохранить сладкий плод от насекомых и прочих погодных явлений. Человек, сам того не зная, взял пример с природы и из подручных средств создал свою первую упаковку из древесной коры. От начала к началу, в этой статье мы поговорим о развитии как упаковки, так и её дизайна.*

### Эволюция упаковки

Первая искусственная упаковка появилась еще тогда, когда разумному человеку впервые потребовалось создавать запасы провианта. Это были самые «натуральные», созданные природой предметы хранения: листья, кора деревьев, шкуры зверей. Позже, с появлением гончарного круга, появились и керамические упаковки на которых, кстати, впервые стали наносить произведения искусства или просто изображения содержащегося в ней продукта. В Древнем Риме появились первые бочки в качестве тары, которые упрощали перемещение сразу множества разных продуктов.

Николя Аиперт, французский изобретатель начала XIX века, впервые предоставил миру новый способ упаковки продукта — консервирование в стеклянной таре. Процесс консервирования превосходил все прочие способы хранения продуктов, ведь качество и свежесть товара сохранялись на много дольше в стеклянной упаковке без доступа к воздуху — природному окислителю.

Питер Дюранд, британский изобретатель того же XIX века, предложил консервировать продукты в жестяных банках. Это был новый шаг в развитии упаковки. Жестяная банка, по сравнению со стеклянной, была прочнее и легче, что упрощало перевозку и повышало сохранность продуктов. Жестяную банку сложнее разбить.

В начале XX века появились первый пластмассовые упаковки, но их первое массовое использование началось только во время Второй Мировой войны. Продукты питания, медикаменты и оружие должны были быть упакованы так, что бы они не были повреждены во время транспортировки как в жару, так и в проливной дождь, при всем при этом человек всегда должен был иметь возможность достать эти вещи в любое время не прилагая к этому особых усилий. После войны пластмассовым упаковкам нашли применение и в гражданских секторах.

Сегодня же мы пользуемся не мало известной технологией упаковывания Tetra pak. многослойная упаковка, которая включает в себя все плюсы и исключает все минусы предыдущих видов упаковок. Она легка, компактна, прочна и подходит для любого продукта, её можно быстро открыть и закрыть. Более 170 стран по всему Миру используют эту технологию для своих товаров.

Но нету грани совершенства. Уже во всю идут разработки новых, более эффективных упаковок, которые призваны не только сохранить эффективность Tetra Pak, но и позаботиться о нашей природе. Современный тренд «Изменение климата» и защита окружающей среды сделали свое дело и уже сейчас выпускаются органические «натуральные» упаковки. Их призванием станет сократить количество мусора и спасти без того уже загрязненную планету.

## Дизайн

Прилавки и витрины магазинов переполнены изобилием товаров всяческого рода. На рынке десятки тысяч компаний, которые соревнуются друг с другом ради размещения их товара на самом видном месте, дабы успешно привлечь внимание покупателей. Однако же, самая яркая позиция на витрине не является самым главным условием успеха. Самое важное это то, как представляют товар потенциальным покупателям, а именно форма цвет и шрифт упаковки — дизайн продукта.

Можно создать товар великолепного качества, можно уточнить, что в нем нет никаких химических добавок, что после употребления растут крылья и жизнь, так сказать, начинает бить ключом. Звучит не плохо, вот только все это будет бесполезно, если у вашего товара скучная, непривлекательная внешность.

И ведь так оно и есть, что бы успешно продать сырок, рядом с которым лежит еще с десяток сырков других производителей, необходимо сделать его не только качественным, но и разработать неповторимый дизайн обертки. Внешний вид должен запомниться раз и навсегда, засесть в голове так, что бы при следующей покупке сырка вспоминался только он.

Основываясь на своем личном опыте, как покупателя, так и специалиста в сфере дизайна, были выделены три важнейших элемента внешнего вида упаковки.

— Цвет упаковки — самый важный элемент, который должен моментально привлечь мое внимание и выделить товар среди его аналогов — первый контакт.

— Шрифт текста на упаковке — не менее важный элемент для восприятия человеческого глаза после цвета, выделяющий и дающий основную информацию о товаре — второй контакт.

— Форма упаковки — осязательный элемент продукта, общение с товаром и построение его имиджа

Конечно же, существуют и другие элементы, такие как изображение, форма текстуры упаковки, и т. д. но они второстепенны.

## Цвет упаковки

Природа и человек едины, наши корни переплетены тысячами, миллионами естественными проводами жизни и связаны нерушимыми узлами. И, Как родители ведут своего потомка за руку, природа ведет нас по нашему общему миру, и для того чтобы его понять, необходим общий язык. Им стал цвет — ценный подарок эволюции.

Давным-давно, сотни тысяч лет назад, глаз человека получил замечательную способность, которая в корне изменила его жизнь и представление о мире. Способность, позволившая отличать хорошее от плохого, чувствовать опасность и видеть красоту. Этот дар — возможность видеть и различать цвета. Цвет играет поистине огромную роль в нашей повседневной жизни, он направляет, оберегает, ведет за собой и говорит где надо остановиться.

Столь огромная палитра цветов подарила человечеству искусство, воображение.

Мы видим природу и мир вокруг нас только благодаря цвету. Мы можем видеть только то, что понимаем. «Быть видящим значит быть причастным к цвету» — Аристотель. Цвет везде: около и в нас самих. От стыда мы краснеем, от страха бледнеем, апельсины оранжевые, яблоки зеленые. Все это нам так близко, знакомо и понятно, что человек, сам того не замечая, копирует все эти естественные восприятия ради создания чего-то нового.

Человек ощущает цвет повсюду и даже в глубоком сне, будто магическая аура, некая таинственная сила, окутывает нас всегда и везде где бы он не находился — настоящий феномен. Невозможно представить мир без цвета. Нереально. Человек и эмоции соединены цветом, этаким «мостом» между скучной, сырой жизнью и Миром полным прекрасных эмоций. Мы не можем представить себе «другой» мир. Независимо от рода деятельности, специализации, цвет затрагивает всех без исключения.

Цвет в дизайне упаковки — важнейший элемент, способный изменить представление о форме продукта, его качестве, вкусе. Эффект подбора цвета для упаковки определенного товара может быть как положительный, так и отрицательный, ведь цветовые ассоциации у людей могут быть разными «На вкус и цвет товарищей нет». И хотя знаменитая поговорка до сих пор является весомым аргументом в спорах, психологи обнаружили, что реакция людей на цвет вызывает похожие эмоции. Люди, которые росли в одном городе или в одной культуре тоже имеют схожие ассоциации и эмоциональное восприятие. Почему упаковка апельсинового сока обязательно должна быть оранжевой? Потому, что люди ассоциируют оранжевый цвет с естественным цветом апельсина, и, подойдя к витрине, покупатель сразу может найти необходимый ему сок.

Множество оттенков цвета уже закрепилось в устоявшихся ассоциациях, вместе с формой упаковки они стали единым целым, неотделимыми элементами — цвет и форма. Более того, цвет сам часто становится формой продукта, взять к примеру молоко, варенье или те же самые соки.

Благодаря цвету можно определить даже уровни вкуса от сладкого до обжигающе острого. Таким же образом мы с легкостью определяем любой тип еды: Зеленый: капуста, салаты, травы; синий — рыба и прочие морепродукты; красный — мясо. Благодаря столь простым ассоциациям можно успешно и легко передать правильное первое представление о продукте и его вкусе. Однако если использовать иные цвета, неподходящие своему продукту, то изменится вся его концепция, все представление о нем и его вкусовых качествах может резко измениться.

Помимо изменение вкусовых ощущений, цвет также способен менять и представление о качестве продукта. Издавна золотой цвет формировал представление о товаре как о товаре высшего качества, однако чрезмерное его употребление способствует совершенно противополо-



ложному, негативному представлению о товаре — его «неэлитности».

Еще один момент. Освещение не стоит недооценивать, важно знать как цвета реагируют на уровни освещения. В рекламе может все получиться удачно, а на прилавках магазина, в неудачном «свете» событий, может лежать уже совершенно непохожий на рекламируемый продукт товар.

Все выше перечисленное является основой правильного оформления дизайна большинства продуктов.

Но формула может видоизменяться в зависимости от внешних факторов. Перемены в настроении потребителя, новые тенденции моды и даже политические факторы. Важно всегда быть начеку, следить за новостями и переменами в окружающей среде. Стоит также учесть интернациональное восприятие цвета. Например, белый цвет в Японии символизирует белых аистов и журавлей, в то время как в Китае — знак Запада, стали и осени. Между прочим, в Японской классике белый цвет представляется как символ разлуки, любовных переживаний и холода.

В разных странах свои предпочтения и представление цветов, с этим надо и нужно считаться, если желаете продвигать свой товар не только на отечественном рынке, но и за рубежом.

В момент подбора цветов для продукта, необходимо учитывать их сочетаемость, то бишь по принципу «Единства» и «Контраста» — противоположные и взаимодополняющие цвета.

Сочетаемость цветов. Особенно важными для подбора цветов при решении задач их сочетаемости являются противоположные и взаимодополняющие принципы «единства» и «контраста». Принцип единства требует, чтобы используемые цвета были как можно ближе друг к другу, а в идеале представляли бы собой один и тот же цвет.

И это действительно работает. Дизайнеры обычно ограничивают спектр каждой отдельной композиции небольшим количеством (обычно не больше трех-четырех) цветов, используя каждый цвет для нескольких разных элементов (иногда близких по своим функциям и оформлению, а иногда и различных). Более того, иногда принцип единства главенствует и при подборе цветов, которые обязаны быть различными. Многие страницы печатных изданий выполнены в одинаковой цветовой гамме, например с темными оттенками основного цвета для фона, более светлыми для текста, и наоборот.

### Шрифт текста на упаковке

Развитие и эволюция человека не становится только на эмоциях и восприятии цвета. Коммуникация — залог успеха современного мира.

Десять тысяч лет до нашей эры людям потребовался способ коммуникации более надежный, чем наскальные рисунки и символические тотемы. Этим изобретением является письменность.

Все живое оставляет свой след на песке, камне, дереве и глине. Человек оставляет свой след на камне, дереве,

глине и бумаге. Точно так же как и цвет, письменность является неразделимым элементом нашей повседневной жизни. Каждый день мы просматриваем сотни а то и тысячи различных текстов в газетах, журналах, тетрадах, книгах и так далее.

Сперва это была живопись и составление надписей, потом печатное дело и позже полиграфия. Самым первым этапом создания полиграфии является книгопечатание, однако до этого уже существовала бумага, чернила и краска, благодаря которым были созданы такие предметы как свитки и рукописные книги.

Все грамотные и неграмотные люди используют шрифт как инструмент для передачи смысловой или визуальной информации посредством применения печатного или электронного текста. Для создания по настоящему красивого шрифта необходимо вложить немало сил и времени в его разработку.

В течении долгих столетий, одновременно с формированием речи, формировался и способ её передачи при помощи систем знаков и письменности. Письменность является изображением мыслей и речи и одновременно воздействует на саму мысль человека. Во времена становления двух Цивилизаций — Западной и Восточной (Китай и Египет), людям потребовалась материальная форма передачи мыслей и речи, так как обходиться звуковой речью было сложно в таких масштабах. Таким образом появилась иероглифическая письменность.

Египетские иероглифы преобразились в финикийское, греческое и латинское письмо в азбучную письменность, которой сегодня пользуется Америка, Европа и Малая Азия. Китайские иероглифы остались и до сих пор применяются большинством стран восточной и центральной Азии. На базе греческой и латинской письменности была создана монахами Кириллом и Мефодием и славянская письменность. На сегодняшний день у нас выделяется две Цивилизации — Западная и Восточная, вместе со Славянской.

После того, как мы успешно смогли привлечь внимание покупателя своим уникальным цветовым выбором, можно смело упомянуть о качестве продукта, но делать это нужно аккуратно, необходимо, чтобы текст был разборчив и подходил по стилю к цвету нашей упаковки, дабы не спугнуть покупателя, который сомнительно рассматривает у себя в руке странный предмет. Вот теперь настало время второго контакта — магия шрифта.

Информативность упаковки является основным способом описания качества и особенностей товара, она должна отражать все характеристики. Правильное использование шрифта может подчеркнуть преимущества товара среди его аналогов и как результат, вызвать к себе доверие. Также необходимо знать, что каждый шрифт имеет собственную тематику, то есть нельзя просто так взять, и использовать военный шрифт на обертке детского питания, или использовать шрифты из комиксов для упаковки дорогого виски.

Можно придумать название продукта и выделить его художественным или декоративным шрифтом, но



шрифт для описания продукта и его характеристик обязательно должен быть максимально прост, привычен для глаза человека. Самыми распространенными являются TimesNewRoman, Tahoma, Arial — простые повседневные шрифты, с которыми мы сталкиваемся каждый день.

Как было уже сказано, шрифт способен подчеркнуть описание продукта, но и в то же время может испортить всю концепцию. Важно знать и уметь обращаться с характеристиками, такими как начертание шрифта, пропорции, размер и не только. Слишком крупный или слишком мелкий текст отпугивает покупателей.

### Форма упаковки

Помимо цвета и шрифта, форма упаковки играет не менее важную роль в процессе принятия решения покупателя приобрести товар с витрины магазина. Она важный невербальный элемент общения с потребителем и влияет как на сознание, так и на подсознание. Уникальные формы упаковки способны быстро выделить и подчеркнуть её среди прочих продуктов конкурентов, что является первоочередной задачей, если, конечно же, вы хотите иметь хорошо продающийся товар.

Разработка формы упаковки является важным моментом становления успешной и эффективной торговой марки, бренда. Форма должна соответствовать концепту и духу самого товара, именно таким образом форма становится незаменимым элементом торговой марки, частью пазла, которая выстраивается в сознании потребителя и его представлении о бренде.

Затеряться в гипермаркете среди прочих однотипных продуктов при наличии уникальной формы будет намного сложнее. Если задуматься, то большинство товаров имеет прямоугольную форму, исходя из этого, можно предположить, что если сделать упаковку одинакового товара маслиновидной или каплеобразной, то это моментально привлечет всеобщие взгляды. Даже если срезать уголки прямоугольника создастся контраст и привлечет внимание.

Процесс создания новой упаковки — это совместная творческая работа конструкторов и дизайнеров, требующая знаний, опыта и высокой квалификации. Достижение максимальной эффективности упаковки возможно только при гармоничном сочетании ее формы и оформления.

Как и все трехмерные объекты, всякая упаковка обладает своей уникальной формой, которая влияет на нас и на пространство вокруг нас. Можно описывать упаковку как предмет логистики, как удобно её использовать и как удобна она для покупателя. И иногда — ее собственное влияние на человека и пространство.

Понятие прекрасного, принципа красоты изучалось в Древней Греции на трехмерных предметах, что позже сформировало новую ветку науки — Эстетику. Греки видели Вселенную в качестве постоянного разнообразия всяческих элементов, которые непрерывно конфликтуют и функционируют друг с другом.

Точно такая же ситуация и с формами упаковки. Когда мы их видим, мы видим не просто форму, а некий знакомый нам образ чего-то другого, чего-то прекрасного, то, с чем мы с радостью готовы соприкоснуться, разглядеть. Это общение упаковки с нашим воображением, желаниями. Прекрасным примером может послужить стеклянная бутылка Кока-Колы, которая по своей форме напоминает талию и бедра девушки. Формы переходят в образы, образы переходят в сознание и оттуда вновь рождается форма.

### Дополненная реальность

На сегодняшний день существует множество способов рекламирования товаров. Наружная реклама, печатная, интернет, радио, телевизионная. Они есть везде, в той или иной форме представлены на каждом углу или сайте. Реклама стала частью жизни каждого индивида и, как наше собственное дыхание, стала почти незаметна в повседневной рутине. Если раньше в советские годы реклама была патриотичной, красочной и не оставляла никого равнодушными, то сейчас среднестатистического человека намного сложнее удивить и привлечь его внимание. Причиной тому служит обыденность рекламных методов. Даже призывы к борьбе с загрязнением окружающей среды стали скучными и вечно повторяющимися. Человек настолько сильно привык к рекламе, что его мозг автоматически глушит рекламное сообщение сам того не замечая.

Мобильная реклама, напротив, набирает обороты и становится все более популярной. Сегодня остались лишь единицы у кого не имеется смартфон с доступ к интернету. Сотни приложений создаются каждый день и появляются все новые идеи. Потребитель может сам выбирать цвет продукта, форму, шрифт и перед ним тотчас предстанет ЕГО идеальный продукт, с которым можно взаимодействовать в реальном времени. Этот предмет можно будет пощупать, покрутить, открыть — закрыть, в общем, полноценное общение с продуктом еще до его выпуска в продажу. Если позволить тысячам покупателям самим создать свой товар из предложенных компонентов, то по окончании проекта можно будет собрать данные и выявить статистику самых предпочтительных форм, цветов и шрифтов. Таким образом можно создать упаковку исходя из наиболее предпочтительных комбинаций.

С развитием мобильной рекламы на свет появилась «Дополненная реальность» или «Augmented reality». Изобретение, которая дополняет реальный мир цифровыми технологиями, создавая голографические объекты в реальном времени при помощи компьютерных технологий и устройств, таких как смартфоны, планшеты и гаджеты по типу небезызвестного Google Glass.

На данный момент обладатель такой технологии способен взаимодействовать с реальным и виртуальным мирами посредством слуха и зрения, однако с развитием времени AR способна будет имитировать и тактильные ощущения. Программное обеспечение AR уже сейчас вне-

дряется в приложения для мобильных устройств. Область применения этой инновации расширяется с каждым днем. Медицина, инженерия, компьютерные игры, военная индустрия и даже реклама.

AR может стать самым эффективным инструментом современной рекламы, начиная от создания презентаций и заканчивая полноценными шоу на выставках. Но самая интересная возможность заключается в том, что клиенты компаний, потребители товара, способны взаимодей-

вать с продуктом еще до его выхода на рынок. Пользователь AR может покрутить, пощупать и даже изменить облик йогурта легкими движениями, изменить дизайн, цвет, форму и выбрать то, что ему нравится. Данная возможность позволит сэкономить время и средства как для потребителей, так и производителей. И все эти движения сопровождаются интересной анимацией и спецэффектами. Это лучший способ ускорить коммуникацию ВТС и ВТВ.

#### Литература:

1. Иттен Иоханнес. Искусство цвета. Д. Аронов, 2011 г. 96 с.
2. Люк Херриот. Библия упаковки. РИП-Холдинг, 2007 г. 304 с.
3. Стефан Стефанов Иванович. Цвет и Шрифт (рукопись книги, которая сдана в издательство «Книга по требованию»), 2015 г. 243 с.
4. Стефан Стефанов Иванович. Реализация цвета. «Книга по требованию», 2014 г. 532 с.

## Микроструктура кисломолочного мороженого с растительными компонентами

Литвинова Алина Вячеславовна, студент;  
Богданова Екатерина Викторовна, кандидат технических наук, доцент;  
Гребенщиков Андрей Васильевич, кандидат ветеринарных наук, доцент  
Воронежский государственный университет инженерных технологий

*В статье приведены результаты исследования микроструктуры кисломолочного мороженого, выработанного с применением сиропов шиповника и облепихи. Скваживание нормализованной смеси осуществляли закваской на чистых культурах термофильного стрептококка, болгарской палочки и бифидобактерий. Описана зависимость размеров кристаллов льда, лактозы и пузырьков воздуха в готовом продукте от технологических параметров его производства. Применение растительного сырья позволяет обогатить готовый продукт физиологически функциональными ингредиентами и рекомендовать его к употреблению лицами с лактазной недостаточностью.*

**Ключевые слова:** кисломолочное мороженое, микроструктура, фризирование.

Современные подходы к вопросу питания диктуют необходимость создавать новые кисломолочные продукты, в том числе замороженные. В странах Америки и Европы широкое распространение получило кисломолочное мороженое. В России производство кисломолочного мороженого не развито. Это связано с трудоемкостью его производства и необходимостью организации специального, изолированного от основного производства участка с повышенными требованиями к санитарному состоянию [1, с. 14].

Нами предложена к практической реализации рецептура кисломолочного мороженого, нормализованная смесь которого получена смешением молочных компонентов и сиропов облепихи и шиповника. Скваживание нормализованной смеси осуществляли закваской на чистых культурах термофильного стрептококка, болгарской палочки и бифидобактерий резервуарным способом.

Применение облепихи и шиповника — наиболее эффективный и экономически доступный способ улучшения

обеспеченности населения микронутриентами в общественном масштабе, так как в результате происходит дополнительное обогащение ими продуктов питания массового потребления до уровня, соответствующего физиологическим потребностям человека.

Плоды облепихи относят к поливитаминам. Они содержат провитамины А (до 10,9 мг %) и витамины (группы В, К и Е), фолиевую и никотиновую кислоту, ксантофилл. Плоды шиповника содержат аскорбиновую кислоту, флавоноловые гликозиды кемпферол и кверцетин, сахара, пектины, танины, органические кислоты, каротин, ликопин, рубиксантин [2, с. 23].

Содержание в смеси жира и СОМО влияет на структуру мороженого. Их увеличение оказывает положительное действие: в продукте образуются мелкие кристаллы льда, так как создается механическое препятствие их росту. Оптимальным считается содержание СОМО в мороженом 8–12%. Содержание СОМО выше 12% сильно повышает вязкость смеси и может вызвать усиленную кристаллизацию лактозы. Выпадение относительно крупных

(выше 10 мкм) кристаллов лактозы приводит к порокам мороженого — мучнистость [3, с. 76].

С применением стандартных физико-химических методов анализа установлен химический состав разработанного продукта (табл. 1). Массовая доля СОМО в кис-

ломолочном мороженом составляет не менее 11,1%, что обеспечивает формирование однородных кристаллов льда и лактозы, а также соответствие готового продукта требованиям ГОСТ 32929–2014 «Мороженое кисломолочное. Технические условия» (табл. 2).

Таблица 1. Физико-химические показатели готового продукта

Наименование показателя	Наименование нормативной документации на метод анализа	Значение
Массовая доля жира, %	ГОСТ 5867–90	6,5
Массовая доля белка, %	ГОСТ Р 53951–2010	3,1
Массовая доля общего сахара, %	ГОСТ Р 54667–2011	14,9
Массовая доля сухих веществ, %	ГОСТ 30648.3–99	26
Массовая доля влаги, %	ГОСТ 30648.3–99	74
Кислотность, °Т	ГОСТ 31976–2012	86

Таблица 2. Органолептические показатели кисломолочного мороженого

Наименование показателя	Характеристика
Вкус и запах	Чистый, кисломолочный вкус, с привкусом растительного сырья, с приятным кисломолочным запахом. Без посторонних привкусов и запахов
Структура и консистенция	Ровная, однородная по всей массе, с достаточной взбитостью и плотностью, без ощутимых комочков жира и стабилизатора.
Цвет	Бежевый, равномерный по всему объему.

Структура мороженого начинает формироваться при фризеровании и закаливании. Поэтому важно правильно подобрать все компоненты и стабилизирующие вещества для мороженого [4, с. 68].

Существенное влияние на структуру и консистенцию мороженого оказывают стабилизаторы. Они характеризуются способностью связывать значительные количества свободной воды, благодаря чему повышают вязкость смесей и препятствуют образованию крупных кристаллов льда при замораживании. Мороженое приобретает мелкокристаллическую структуру и эластичную консистенцию. Кроме того, стабилизаторы обеспечивают высокую взбитость смесей, образование стойкой пены и повышают сопротивляемость мороженого таянию.

В качестве стабилизатора и эмульгатора предложено применение смеси моно- и диглицеридов жирных кислот (Е 471), каррагинана (Е 407), гуаровой камеди (Е 412) и ксантановой камеди (Е 415) под торговым названием *Ногга Sol 2033*. Проведены исследования по установлению этапа технологического процесса для его внесения. Стабилизатор-эмульгатор вносили в нормализованную смесь и непосредственно перед фризерованием.

Оценку размеров кристаллов льда и дисперсности воздушной фазы проводили с помощью микроскопирования (микроскоп «Альтами Био 1») при увеличении в 600 раз. Исследуемую массу продукта наносили на предметное стекло, накрывали покровным и помещали на предметный столик микроскопа. В проходящем свете под микроскопом

кристаллы льда имели вид чешуек, а воздушная фаза — колец.

При добавлении стабилизатора-эмульгатора в нормализованную смесь (рис. 1) он выполняет функции стабилизатора консистенции для предотвращения отделения сыворотки при скашивании. При фризеровании он не способен связать лишнюю влагу, что приводит к увеличению продолжительности вымораживания воды из нормализованной смеси.

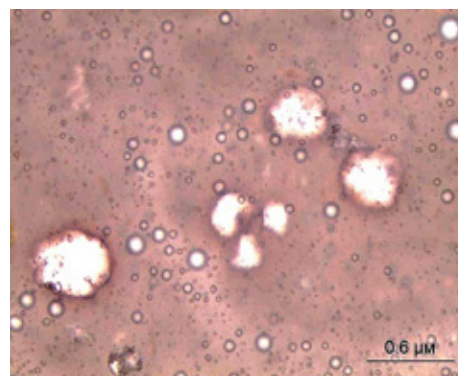


Рис. 1. Опытный образец мороженого со стабилизатором-эмульгатором, внесенным в нормализованную смесь (увеличение 15x40)

Внесение стабилизатора-эмульгатора непосредственно перед фризерованием позволяет повысить взбитость мо-

роженого и получить однородные кристаллы льда. На рис. 2 представлена фотография микроструктуры кисло-молочного мороженого. На ней видно, что оболочка воздушных ячеек не нарушена. Снаружи пузырьки воздуха покрыты эмульсией из жира. Воздушные пузырьки распределены равномерно по всей поверхности мороженого. Кристаллы льда малого размера. Количество кристаллов льда не большое, что обусловлено высокой жирностью смеси (соответственно, мороженое плотнее по консистенции и насыщеннее по вкусу). Присутствие жира в мороженом в твердом состоянии препятствует росту кристаллов льда, следовательно, положительно влияет на сохранность формы продукта и его устойчивость к таянию. Структура разработанного продукта устойчива и сопротивление усадке высоко.

Формоустойчивость — показатель качества закаленного мороженого и взбитых замороженных десертов, характеризующий их способность сохранять геометрические размеры при температуре  $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ . Установлено, что формоустойчивость разработанного продукта составляет 90 мин до полного таяния, что сопоставимо с мороженым из цельного молока.

Таким образом, данный способ производства мороженого позволяет получить продукт, соответствующий требованиям, предъявляемым к данной ассортиментной группе. Применение сиропов дикорастущего раститель-

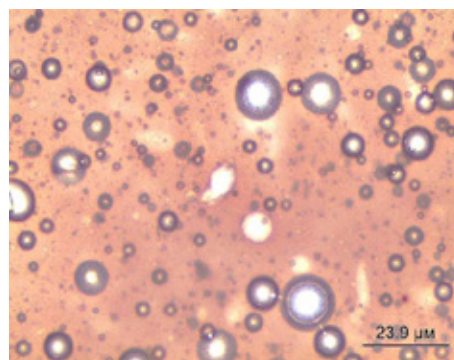


Рис. 2. Опытный образец мороженого со стабилизатором-эмульгатором, внесенным перед фризированием (увеличение 15х40)

ного сырья в качестве источников эссенциальных веществ в рецептуре и процесса сквашивания нормализованной смеси в технологическом цикле обуславливает лечебно-профилактическую направленность готового продукта.

Разработанное кисло-молочное мороженое имеет кисло-сладкий вкус, характеризуется освежающим эффектом, является продуктом пробиотического действия, так как содержит полезную молочнокислую микрофлору в период всего срока хранения. Данный продукт подходит людям, страдающим лактазной недостаточностью.

#### Литература:

1. Ахмедова, В.Р. Разработка технологии кисло-молочного мороженого с пребиотическими компонентами [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04 / Ахмедова Валида Рафиг Кызы. — Ставрополь, 2015. — 166 с.
2. Долматова, О.И. Новые технологии обогащенных молочных продуктов [Текст]: монография / О.И. Долматова. — Воронеж: ВГУИТ, 2013. — 104 с.
3. Арсеньева, Т.П. Справочник технолога молочного производства. Технология и рецептуры. Т. 4. Мороженое [Текст] / Т. П. Арсеньева. — СПб.: ГИОРД, 2002. — 184 с.
4. Мельникова, Е.И. Подсластитель из якона для низкокалорийного мороженого / Е. И Мельникова, Е. В Богданова, М. М Корнеева // Молочная промышленность. — 2009. — № 7. — с. 68–69.

## Очевидное-невероятное (экспертиза сотовых телефонов)

Лозынина Светлана Максимовна, студент

Научный руководитель: Мюллер Анастасия Алексеевна, преподаватель;

Научный руководитель: Сибирёва Алла Дмитриевна, преподаватель

Технологический колледж Южно-Уральского государственного университета

Телефон необходим для современного человека и уже сегодня является средством мультимедийной, персональной и круглосуточной коммуникации [1]. Данная тема является актуальной, так как сотовый телефон стремительно ворвался в нашу жизнь, превратившись из предмета роскоши в недавнем прошлом в повседневное средство коммуникации, без которого во многих случаях нельзя обойтись [2, 3]. Многие сейчас меняют телефон.

При смене телефона люди, как правило, приобретают более дорогую и функциональную модель, поэтому растет средняя розничная цена. Для многих мобильный телефон становится не просто средством связи, а показателем определенного статуса. Поэтому люди часто покупают навороченную модель в кредит. Но на самом деле самый дорогой телефон может оказаться самым не качественным и не надёжным.



В таблице 1 представлены маркировочные данные на телефонах и требования согласно ГОСТ Р 51121–97 «Товары непродовольственные. Информация для потребителя. Общие требования» [4].

Таблица 1. Результаты оценки маркировочных данных

Показатели	Samsung Galaxy Star Plus DUOS GT-S7262	Samsung E1100T
Наименование товара	смартфон, Android 4.1	Телефон
Наименование страны-изготовителя	Корея	Корея
Наименование фирмы-изготовителя (наименование фирмы-изготовителя может быть дополнительно обозначено буквами латинского алфавита)	Samsung	Samsung
Основное (или функциональное) предназначение товара или область его применения	Телефонная связь	Телефонная связь
Основные потребительские свойства или характеристики	поддержка двух SIM-карт, экран 4», разрешение 800x480, камера 2 МП, память 4 Гб, слот для карты памяти, Wi-Fi, Bluetooth, аккумулятор 1500 мАч, вес 121 г, ШxВxТ62.70x121.20x10.60 мм, изготовлен из высокопрочных полимерных материалов	Емкость:800 мАч, 1 SIM карта, изготовлен из высокопрочных полимерных материалов

Проанализировав данную таблицу с маркировочными данными исследуемых телефонов, можно утверждать, маркировочные данные не соответствуют требованиям нормативной документации. Однако, можно говорить о том, что оба телефона изготовлены из полимерных материалов высокой прочности, а следовательно, полимерные

материалы (пластмассы) должны выдерживать различного вида нагрузки.

Для того чтобы выяснить как влияют смартфон и мобильник на различную температуру и падение были проведены исследования (Рисунки 1, 2).



Рис. 1. Телефоны в морозильной камере



Рис. 2. Телефоны в кипящей воде

В таблице 2 представлены подпункты, информация из интернета и собственные исследования.

Из таблицы собственных исследований следует сделать вывод, что наиболее качественные телефоны это не самые дорогие, ими является обычный смартфон и обычный кнопочный мобильник. Оба телефона «перенесли» все испытание с большим плюсом и выдержали испытание действия высоких и низких температур.

Провела исследование на действие химических реагентов на корпус сотовых телефонов.

Корпус сотовых телефонов сделан из поликарбоната.

Поликарбонаты — группа термопластов. При воздействие кислот и щелочей на корпус сотовых телефонов было выявлено:

- от действия концентрированной азотной кислоты на корпусе появились пятна в виде разводов;

- при действии концентрированного раствора щёлочи на кнопочном телефоне разрушался верхний слой каучука.

Таким образом, поликарбонат не стоек к концентрированном растворе щелочей. При действии хлорзамещённых предельных углеводородов на корпус сотовых телефонов поликарбонат разрушается (Рисунок 3).

Таблица 2. Исследования телефонов на различную температуру и падения

Показатели	Смартфон		Кнопочный телефон	
	Характеристика интернет источников	Факт	Характеристика интернет источников	Факт
Замораживание	Телефон выключается и включить его можно только лишь согрев. При сильной низкой температуре экран может лопнуть или стать белым	Пролежал в морозильнике 4 часа и нечего с ним не случилось. Дисплей работает.	Побывав на морозе, выходит из строя. Напряжение разрушает батарею.	Пролежал в морозильнике 4 часа и нечего с ним не случилось. Включается и заряжается.
Падение	Стекло разбивается.	Телефон упал с 3 этажа с ним всё хорошо, стекло в порядке.	Падения с 2 метров. При падении или ударе теряется емкость аккумулятора.	Телефон упал с 4-этажа. Вылетела только панелька, которая выполнена из резины. Панелька вставлена на место
Кипячение	Если аппарат поместить в дистиллированную воду, а потом просушить, то с ним абсолютно ничего не произойдет, но некоторые телефоны не включаются.	Лежал в кипячёной воде, так же, нечего не произошло телефон работает. Но остались разводы внутри экрана.	Нечего не происходит. Лишь только при сильной температуре в духовке может взорваться аккумулятор.	Лежал в кипячёной воде, так же, нечего не произошло телефон работает. Включается.



Рис. 3. Телефоны после действия кислоты

Так же были проведены исследования действие высоких температур на сотовые телефоны. При запекание сотовых телефонов в тесте при температуре 150 и выше. После выпечки сотовые телефоны не утратили работоспособность:

- сенсорное управление работает;
- действие высоких температур при запекании не нарушило систему включения и выключения (Рисунки 4, 5).

На 5 рисунке изображён пирог с 2 телефонами, после выпечки оба телефона не утратили свою работоспособность.

Проведя исследования смартфона и обычного кнопочного телефона было выявлено, как действуют высокие и низкие температуры и химические реагенты на

сотовые телефоны. Все исследуемые модели торговой марки Samsung не утратили работоспособность, все проведенные испытания не отразились на качестве связи телефонов. Прежде чем покупать телефоны нужно смотреть не функции для развлечения, а почитать его характеристику и рассмотреть состав полимера (пластмассы из которого изготовлен телефон). Без телефона сейчас человек не представляет свою жизнь. В силу различных образов жизни у людей (работа, дети) возникают ситуации, что телефон падает, потребитель опасается все время за сохранность аппарата, но если вы знаете состав материала из которого изготовлен телефон и его физические и химические характеристики, то многие неприятности для телефона не страшны.





Рис. 4. Пирог с капустой и телефонами

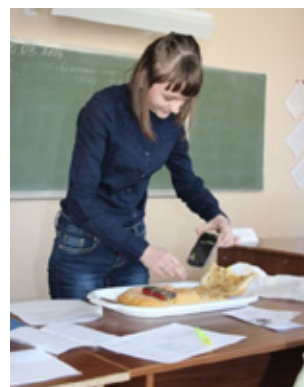


Рис. 5. Пирог с капустой и телефонами

Литература:

1. Голубенко, О. А. Товароведение непродовольственных товаров: Учебное пособие / О. А. Голубенко, В. П. Новопавловская, Т. С. Носова. М.: Альфа-М, НИЦ ИНФРА-М, 2013. — 336 с.
2. Шепелев, А. Ф. Товароведение и экспертиза непродовольственных товаров [Текст]: учеб. пособие / А. Ф. Шепелев, И. А. Печенежская. — М.: ИКЦ «МарТ», 2003.
3. Правильность дисплеев [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.qwesa.ru/kak-vybrat-pravilno-displej-dlya-smartfona/>, свободный. — Загл. с экрана.
4. ГОСТ Р 51121–97 «Товары непродовольственные. Информация для потребителя. Общие требования».

## Скважинный электротермический комплекс с электропарогенератором-сепаратором пара для добычи высоковязкой нефти

Маларев Вадим Игоревич, кандидат технических наук, доцент;  
Лакота Ольга Борисовна, кандидат технических наук, доцент  
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

*В работе представлена информация о скважинном электротермическом оборудовании, позволяющем улучшить качество тепловой обработки призабойной зоны пласта высоковязкой нефти за счет сепарации пара в забое.*

**Ключевые слова:** повышение нефтеотдачи, высоковязкая нефть, скважинный электропарогенератор, энергоэффективность, сепарация пара.

В настоящее время особую важность приобретает рациональное освоение широко распространенных залежей тяжелых высоковязких нефтей (ВВН), разведанные запасы которых достигают 700 млрд. т. Крупнейшие из них находятся в Канаде ~300 млрд. т., в Венесуэле ~200 млрд. т., в США ~25 млрд. т., в Российской Федерации ~9 млрд. т.

В Северо-Западном регионе РФ доля разведанных запасов тяжелых нефтей составляет более 50%. На естественном режиме эксплуатации скважин нефтеотдача составляет ~ 6%. Безальтернативными методами повышения нефтеотдачи пластов отечественными и зарубежными специалистами признаны термические воздействия на продуктивные пласты ВВН [1,2]. Однако в России до-

быча ВВН с применением термических методов преимущественно ведется на двух месторождениях — Усинском (Республика Коми) и Гремихинском (Удмурдская Республика) [3].

К недостаткам современных термических методов добычи ВВН можно отнести высокие материало- и капиталоемкость теплоэнергетического оборудования, потери теплоты в распределительной трубопроводной системе и в скважине, а также снижение эффективности процесса из-за сжигания части добытой нефти или газа в парогенераторах и значительное ухудшение экологической обстановки в районах нефтедобычи. Охват месторождений методами термического воздействия на пласт составляет не более 3%.

Одним из перспективных направлений развития термических методов добычи является разработка скважинных электротермических комплексов [4,5], которым по сравнению с традиционными технологиями паротепловой обработки скважин присуще следующие достоинства:

- Ресурсосбережение. Технология не предполагает сжигания добытого полезного ископаемого в качестве топлива в отличие от традиционной технологии.
- Малая металлоемкость и капиталоемкость.
- Простота конструкции.
- Возможность генерировать в призабойной зоне насыщенный пар со степенью сухости 0.8, что недостижимо для традиционных методов. Это позволяет вносить в пласт равное количество тепловой энергии при нагнетании

меньшего объема пара на 15–20% по сравнению с традиционными методами.

— Экологически чистая технология. Не производится выбросов вредных веществ в атмосферу, в отличие от традиционной технологии.

В Санкт-Петербургском Горном университете разработаны и запатентованы в РФ электротермические комплексы мощностью более 1000 кВт, применение которых может снизить потери энергии и повысить качество теплоносителей (пара, воды), нагнетаемых в пласт высоковязкой нефти. Комплекс позволяет выполнять технологические операции по паротепловому воздействию (ПТВ), импульсно-дозированному тепловому воздействию (ИДТВ) и термогидродинамическому воздействию. Добычной электротермический участок (рис. 1) включает

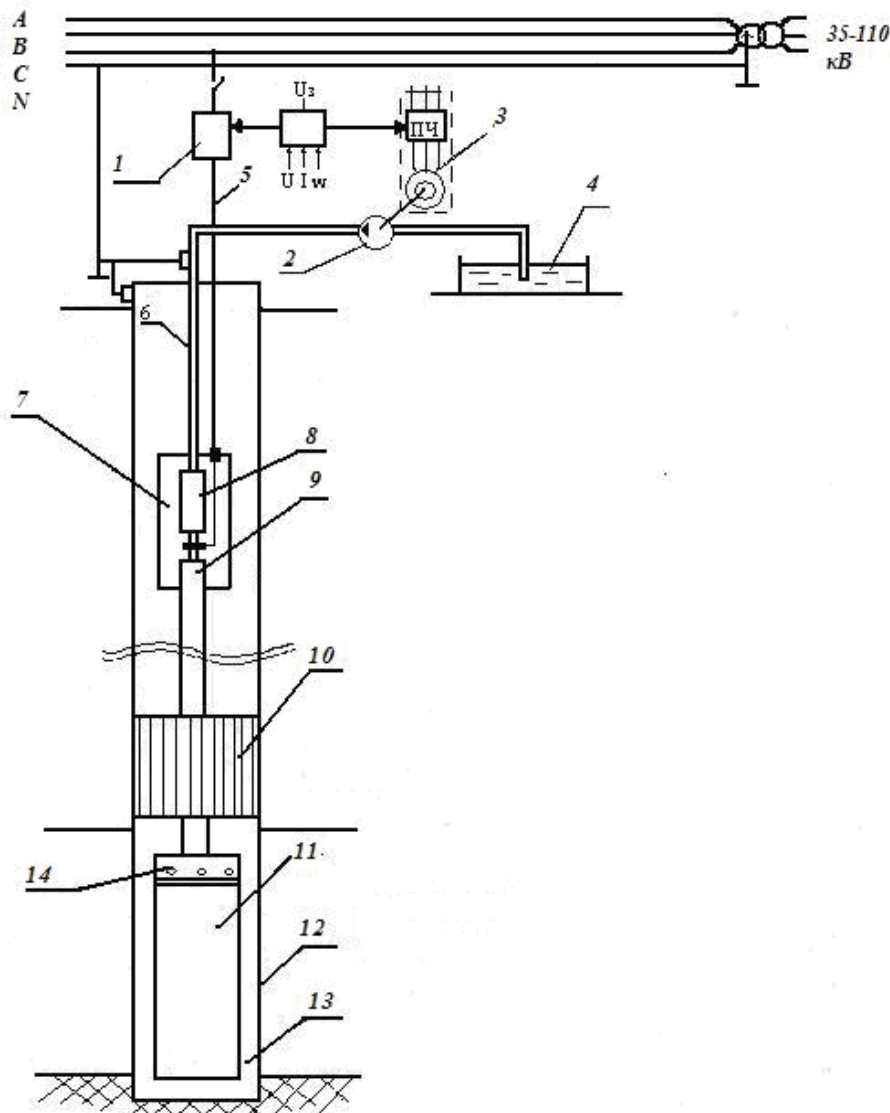


Рис. 1. Схема электротермического комплекса: 1 — регулятор тока; 2 — насос; 3 — регулируемый электропривод; 4 — рабочая жидкость; 5 — силовой кабель; 6 — насосно-компрессорные трубы; 7 — маслозаполненное вводное устройство; 8 — диэлектрическая вставка; 9 — термостойкий токовод; 10 — термостойкий пакер; 11 — скважинный электродный нагреватель; 12 — обсадная колонна; 13 — пластовая жидкость; 14 — паровыпускное отверстие

в себя: силовой трансформатор мощностью 10–16 МВА с первичным напряжением 35–110 кВ; насос (2) для подачи котловой воды в забой к скважинному электропарогенератору (11), помещенному в обсадную колонну (12), питание которого осуществляется по погружным кабельным линиям; регулируемый электропривод (3) насоса и схему управления величиной силы тока (1) парогенератора. Скважинное электротермическое устройство получает питание по схеме «фаза — 3 жилы погружной линии, обсадная колонна — нейтраль».

В состав электротехнического комплекса тепловой обработки призабойной зоны скважин входит скважинный электропарогенератор (ЭПГ), который закреплен на конце колонны насосно-компрессорных труб (НКТ). ЭПГ состоит из металлического корпуса, выполненного в форме цилиндра. Центральный токопровод закреплён в верхней части корпуса через проходной изолятор. Внутри корпуса на токопровод нанизаны диски, играющие роль фазных электродов. Вода подается с поверхности по трубам, а в сам парогенератор поступает по центральному отверстию внутри токовода. По силовому кабелю на фазные электроды подают напряжение, после чего от фазных электродов через воду к нулевому электроду —

корпусу течёт ток, вызывая нагрев воды, кипение и образование пара, который подается в забой, производя в дальнейшем тепловую обработку призабойной зоны. Качество тепловой обработки призабойной зоны во многом определяется сухостью пара на выходе из ЭПГ. В традиционной технологии при нагнетании пара с поверхности сухость пара довольно мала из-за больших потерь по мере подачи его с поверхности в забой. Забойные же электротермические устройства могут генерировать в призабойной зоне пар со степенью сухости 0.8 и выше. Для повышения степени сухости пара на выходе из электропарогенератора был разработан электропарогенератор-сепаратор (рис. 2), который размещён в зоне продуктивного пласта внутри эксплуатационной колонны (10) и закреплён на конце (НКТ) (17). Он состоит из металлического корпуса (1), выполненного в форме цилиндра и являющегося нулевым электродом. Центральный токовод (3), имеющий термостойкую изоляционную оболочку (2), закреплён в верхней части корпуса через проходной изолятор (18), на внутренней поверхности корпуса расположены в виде стальных колец отбойные конденсатосъемники (12). Внутри корпуса на тоководе (3) через равные промежутки, разделенные трубчатыми термостойкими изоляторами (2),

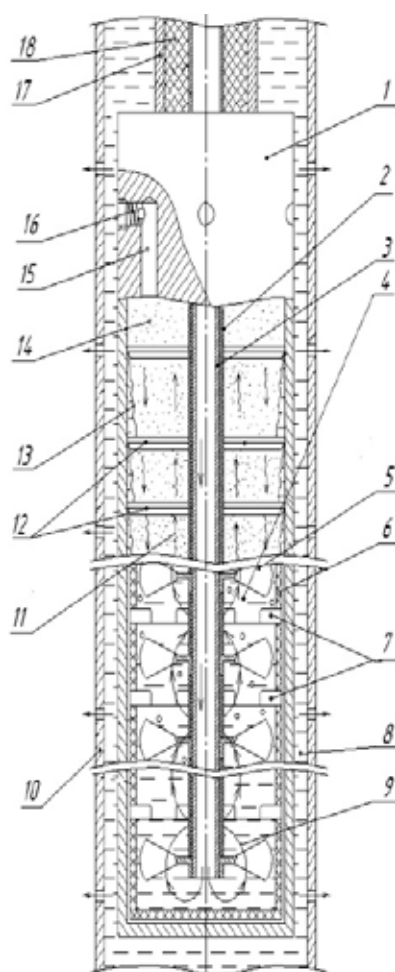


Рис. 2. Скважинный электропарогенератор-сепаратор

установлены по высоте один над другим фазные электроды (5), каждый из которых выполнен в виде многозаходного винта с углом атаки лопастей  $40^\circ$ , применяемых для закручивания конвективного потока (9) вокруг оси с целью создания тангенциальной составляющей скорости движения пароводяной смеси и последующей сепарации пара. Межэлектродное расстояние определяется мощностью устройства, питающим напряжением, поверхностной плотностью тока и удельным сопротивлением токопроводящей жидкости. Каждый фазный электрод помещен в керамический стакан, имеющий боковую стенку (6) и токопроводящие окна (7). Верхняя часть корпуса (1), свободная от фазных электродов и образующая паровую зону (14) ЭПГ, содержит паровыводящий канал (15) с клапаном (16).

За счет того, что фазные электроды (6) выполнены в виде многозаходного винта с углом атаки лопастей  $40^\circ$ , происходит закручивание вокруг оси потока выходящей паровоздушной смеси. Это приводит к разделению смеси вдоль радиальной составляющей. Центральная паровая

область будет иметь большую сухость, т. к. за счет тангенциальной составляющей скорости взвешенные, более инерциальные микрокапли будут выноситься на периферию, где они конденсируются и задерживаются с помощью стальных отбойных конденсаторосъемных колец (5) и стекают обратно в зону кипения. Благодаря конструктивным особенностям фазных электродов в результате сепарации пароводяной смеси в пласт поступает пар с большей степенью сухости и, соответственно, более высокого качества, вследствие чего увеличивается эффективность тепловой обработки скважин.

Применение в регионах с высокой электровооруженностью скважинного электротермического оборудования позволит снизить стоимость термических скважин, автоматизировать процесс термообработки, за счёт высокой манёвренности увеличить число добычных скважин и получить экологически чистые и ресурсосберегающие технологии термической добычи тяжёлых высоковязких нефтей.

#### Литература:

1. Антониади, Д. Г., Гарушев А. Р., Ишханов В. Г. Настольная книга по термическим методам добычи нефти. Краснодар, Изд. «Красная Кубань», 2000 г., 464 с.
2. Бурже, Ж., Сурио П., Комбарну М. Термические методы повышения нефтеотдачи пластов. Пер. с франц. М., Изд. «Недра», 1989 г., 422 с.
3. Макаревич, В. Н., Прищепа О. М., Давыденко Б. И. и др. Мелкие и трудноосваиваемые месторождения нефти Северо-Запада России // НефтьГазПромышленность № 4 (24), 2006.
4. Загривный, Э. А., Козярук А. Е., Маларев В. И., Мельникова Е. Е. Перспективы использования забойных электротермических комплексов для повышения нефтеотдачи пластов с высоковязкой нефтью // Электротехника. 2010 г. № 1, с. 50–56.
5. Загривный, Э. А., Маларев В. И., Лакота О. Б., Зырин В. О. Экологические и экономические перспективы применения электротермических комплексов для добычи высоковязкой нефти // Нефтяное хозяйство. 2012 г., № 11, с. 118–121.

## Новые ингибиторы для бурения неустойчивых глинистых отложений и при проходке глинистых разрезов

Маматкулов Ильхам Азамович, старший преподаватель

Ташкентский государственный технический университет имени Абу Райхана Беруни (Узбекистан)

Практика бурения скважин на нефть и газ убедительно показала, что методом диспергирования твердой фазы (глинистой или карбонатной) трудно получить суспензии частиц малых размеров с высокой поверхностной активностью и стабильностью. Более перспективным является метод ингибирования с применением ингибиторов. На модельном буровом растворе установлено влияние различных ингибирующих сред на реологические параметры. Экспериментально подтверждено, что оценка ингибирования по комплексу параметров, дает четкое представление о качестве продукции. Разработанные ингибиторы

«Полигма» характеризуются положительным откликом ингибирования всех вышеперечисленных параметров, что определяет их как универсальные продукты — новые ингибиторы и регуляторы буровых технологических жидкостей при проходке глинистых разрезов.

Целью экспериментальных исследований являлось разработка универсальной рецептуры ингибиторов гидратации глин при минимальном воздействии на устойчивость стенок скважин и реологические параметры бурового раствора.

Существует ряд методов оценки ингибирования гидратации глинистых сланцев: по коэффициентам набухания, скорости увлажнения и разжижающей способности реагента. Широкое распространение получил метод К.Ф. Жигача и др. [1], оценивающий коэффициент набухания  $K_{наб}$ . Практика показала, что большинство сред, вызывающих процесс ингибирования набухания приводит к диспергированию глинистых образцов, что оказывает негативное воздействие на качество промывочной жидкости. Методику оценки ингибирующей способности бурового раствора, где в качестве критерия выбрана начальная скорость увлажнения образцов глин приведена в работе [2]. Это является модельной интерпретацией разрушения стенок скважин. В дальнейшем определялась влажность образцов и потери в массе, в расчете на сухую глину. Снижение доли ядерного материала, переходящего в раствор, свидетельствует об уменьшении диспергирующей способности исследуемого ингибирующего агента. Способность глин к набуханию может привести к различным осложнениям процесса бурения, к ухудшению качества вскрытия продуктивных пластов. Причем опасность этих и других отрицательных явлений возрастает с увеличением концентрации глини-

стых частиц в растворе, кроме того введение самого ингибирующего агента оказывает существенное влияние на тиксотропную структуру бурового раствора. Поэтому автором рассмотрено изменение реологических параметров модельных буровых растворов при увеличении концентрации глины при заданном содержании (1 %) различных ингибирующих композиций. Состав ингибитора «Полигма» подбиралась эмпирически в три этапа. Первый этап включал изучение ингибирующей способности параметров набухания, увлажнения и потери в массе глинистых образцов при механической нагрузке различных реагентов, применяемых на практике при бурения скважин. Были исследованы следующие реагенты: нитрилотриэтилфосфоновая кислота (НТФ), триполифосфат натрия (ТПФН), формиат натрия, борная кислота, жидкое стекло (ЖС), лигносульфонат (ЛСФ), конденсированная сульфид-спиртовая барда (КССБ), глицерин, триэтаноламин (ТЭА), реагент — Оксаль Т-92, УЩР, БРЭГ-2. Также ряд эфиров этиленгликолей: моно-, ди-, триэтиленгликоль (МЭГ, ДЭГ и ТЭГ соответственно), полиэтиленгликолей — пылеподаватели калийных солей (ППД различных марок). Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Влияние различных сред на ингибирование параметров набухания, увлажнения и потерь массы глинистого образца при механической нагрузке (ПБ)

ИНГИБИТОР	$K_{наб}$ , % бсутки	$J_{наб}$ , %	W, % через 2 ч.	$J_w$ , %	Потери массы, %, через 2 ч. механической нагрузки	J потери массы, %
Контроль: водопровод: дистиллят =1:1	2,25	0,00	31,13	0,00	0,92	0,0
0,15% Нитрилотриметилфосфоновая кислота (НТФ)	2,09	7,11	30,06	3,43	3,06	-231
0,15% Триполифосфат (ТПФ)	2,17	3,56	29,11	6,48	6,69	-624
1% Формиат натрия	1,78	20,44	Диспергирование глинистого образца (разрушение столбика)			
1% Хлорид натрия	1,64	27,1	Диспергирование глинистого образца (разрушение столбика)			
1% Борная кислота (БК)	2,18	3,11	29,73	4,17	-1,16	225
1% Жидкое стекло (ЖС) <sup>7</sup> .	2,28	-1,3	33,68	-8,20	15,8	-1610
1% УЩР (БРЭГ-2)	2,40	-6,7	33,5	-7,61	-1,55	268
1% БСР	2,35	-4,4	31,6	-2,1	-1,03	212
1% «Полисил»	2,16	4,00	29,44	5,43	-0,23	125
0,2% Лигносульфонат (ЛСФ)	2,02	10,22	30,65	1,54	-0,16	118
0,2% (КССБ)	-	-	31,39	-0,85	0,12	87
1% Глицерин	2,12	5,76	31,99	-2,77	-1,00	208
1% Триэтаноламин (ТЭА)	2,3	-2,2	32,66	-4,91	0,51	44,5
1% Пылеподаватель калийных солей (ППД технический)	2,62	-16,44	35,04	12,58	2,89	-2
1% ППД чистый	2,27	-0,89	29,69	4,62	-0,63	168
1% (ППД технический +1,5 ТЭА)	2,2	2,2	30,05	3,47	-1,31	242
1% Моноэтиленгликоль (МЭГ)	-	-	29,86	4,06	1,86	-101
1% Диэтиленгликоль (ДЭГ)	-	-	29,37	5,65	1,4	-51,65
1% Триэтиленгликоль (ТЭГ)	-	-	30,91	0,71	1,21	-30,5



На основе полученных параметров ингибирования того или иного параметра методом проб и ошибок разрабатывались рецептура «Полигма» различной модификации.

Эмпирические образцы сравнивались и известными марками ингибиторов глинистых сланцев: «Биосол», «ГКЖ-11Н», «АМСР-3», «Акрилат», «БСР», «Неонол АФ 9–12», «Лапрол 5003». Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Также были изучены, влияния содержания ингибиторов на реологические параметры малоглинистого бурового раствора 6% ПБМ «Келес» с последующим постепенным погружением раствора бентонитовым порошком ПБ «Навбахор», по 2% и 12%, что позволило оценить эффективность ингибиторов в стабилизации реологических параметров. Результаты отражены на таблицах 1, 2 и рисунке 1.

«Биосол» как и «Неонол» является лидером в ингибировании гидратации, но увеличивают потери массы глинистых столбиков при увеличении его концентрации в среде, разрушение зерна снижается. «Биосол», как правило, приводит к ингибированию процессов на двух типах глин, но увеличивает потери, тем самым, влияет на устойчивость стенок скважины. Введение данного компонента в буровой раствор повышает его реологические параметры.

Идентичными ингибирующими свойствами обладает «Неонол» АФ 9–12, увеличение его активной концентрации, продуктивно снижает потери, при постоянном ингибировании гидратации (таблица 3). Кремнийорганические ингибиторы: ГКЖ-11Н и АМСР-3 вообще не проявляют ингибирующую способность по всем показателям, удовлетворительные результаты проявляются при концентрации более 3%. Основным недостатком их является критическое увеличение условной вязкости и СНС и ДНС. «Акрилат», по результатам экспериментов, как и

БСР, резко снижает реологические параметры бурового раствора, но повышает потери, и дает более высокий коэффициент набухания.

Этот продукт является типичным ингибитором гидратации, который снижает устойчивость стенок скважин. Ряд экспериментов по отбору рецептуры «Полигма» позволил создать три характерные композиции под экспериментальным символом «2», «3» и «М».

Все экспериментальные и производственные композиции проявляют закономерное ингибирование всех параметров при концентрации их в системе от 1%.

Но ингибирующая способность их изменяется при увеличении концентрации. Увеличение количества «Полигма» 2 и «Полигма» М приводит к незначительному снижению величины ингибирования набухания и увлажнения, а потери резко снижаются (Табл. 3), что может способствовать устойчивости стенок скважин, а «Полигма» 3 лучше работает при меньших концентрациях, так как увеличение его в системе приводит к резкому ингибированию всех параметров.

Сохраняется динамика ингибирования экспериментальных образцов «Полигма» на двух типах глин, что подтверждается воспроизводимостью коэффициентов ингибирования, особенно хорошо снижают потери массы глинистого порошка (табл. 4). Экспериментально установлено, что реагент БСР в большей степени ингибирует разрушение стенок скважины, хорошо понижает фильтрацию, как таковое ингибирование гидратации глинистых сланцев идет в меньшей степени, в сравнение с «Полисил», «Полигма» и «Биосол». Кроме того, БСР резко снижает реологические параметры исходного высоковязкого глинистого бурового раствора (ВГБР). Этот реагент работает не одинаково на разных типах глин, хорошо ингибирует все показатели из бентонитового порошка «Келес», но уве-

Таблица 2. Влияние некоторых ингибиторов на параметры набухания, увлажнения и диспергирования, глинистых образцов при механической нагрузке (Навбахорский бентонит ПБ)

ИНГИБИТОР	Жнаб, % 6 суток	Жнаб, %	W, % через 2 часа	J <sub>потерь</sub> , %	Потери, % через 2 часа	Jпотери массы, %
Контроль	2,25	0,00	31,13	0,00	0,92	0,0
1% ГКЖ-11Н	2,73	-21,33	41,96	34,79	9,29	-1200
1% АМСР-3	2,61	-16	34,4	-10,51	4,71	-410
1% Т-92 ОКСАЛЬ	-	-	«30,69	0,01	-0,17	124,6
1% «Лапрол» 50032Б	2,3	-2,2	31,2	-0,23	0,81	12,3
1% «Неонол»	1,81	19,56	31,15	-0,08	1,2	-30
1% «Акрил»	2,27	-0,89	29,48	4,8	3,59	-253
1% «Биосол»	1,95	13,3	28,91	7,12	1,5	-43
1% 0,75% р-ра «Биосол»	1,98	12,00	28,65	7,96	3,13	-239
1% «Полигма» 1	1,83	18,67	30,56	1,83	-0,07	107
1% «Полигма» 2	1,85	18,0	30,15	3,14	-0,88	195
1,5% «Полигма» 2	2,22	1,33	29,60	4,90	0,37	60
1% «Полигма» 3	1,97	12,44	29,61	4,87	-1,39	250
1% «Полигма» 3	2,19	2,67	29,56	5,02	0,2	72
1% «Полигма» М	2,03	9,78	28,8	7,48	0,16	82,4



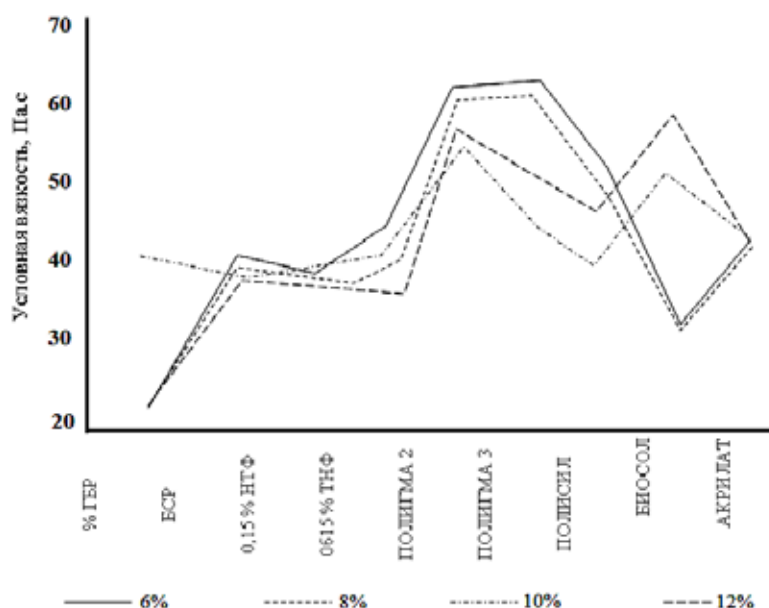


Рис. 1. Влияние ингибирующих добавок на фильтрационные свойства бурового раствора

личивает показатель начального увлажнения из порошка «Навбахор». Хорошо стабилизирует потери у обоих типов глин. Сравнение ингибирования параметров набухания, увлажнения и потерь массы глинистого образца при ме-

ханической нагрузке на двух марках глин ПБВ и ПБМВ, выявило, что экспериментальные образцы «Полигма» универсальны для двух типов глин, в отличие от БСР и «Биосол», ингибирующие параметры которых зависят от

Таблица 3. Влияние концентрации известных реагентов и «Полигма» на ингибирование параметров набухания, увлажнения и потерь массы глинистого образца при механической нагрузке (ПБ)

ИНГИБИТОР	Концентрация, %	Кнаб, 6 суток	$\theta_{наб}$ , %	Потеря массы, % через 2 часа	$\theta_{наб}$ , %	Потери, % через 2 часа	Потери массы, %
Контроль	-	2,25	0,00	31,13	0,00	0,92	0,0
ГКЖ-11Н	1	2,73	-21,33	41,96	34,79	9,29	-120,0
	3	2,36	-4,89	32,17	3,36	1,98	-114,7
АМСР-3	1	2,61	-16	34,4	-10,51	4,71	-410
	.3	2,34	-4,00	32,17	-3,2	2,8	-204
	5	-	-	28,7	7,8	0,37	59,8
«Неонол»	1	1,81	19,56	31,15	-0,08	1,2	-30
	3	1,82	19,5	30,46	2,1	-0,85	192
«Акрил»	1	2,27	-0,89	29,48	4,8	3,59	-290
	3	2,06	8,4	31,26	-0,4	2,94	-215
1% 0,75%-го раствора «Биосол»	1	1,98	12,00	28,65	7,96	3,13	-240
	3	1,83	18,67	29,49	5,26	2,37	-156
«Полигма» 1	1	1,83	18,67	30,56	1,83	-0,07	107
	3	1,75	22,22	30,60	1,7	-1,85	300
«Полигма» 2	1%	1,85	18,0	30,15	3,14	-0,88	195
	3%	1,8	20,00	28,1	9,7	-3,13	440
«Полигма» 3	1%	1,97	12,44	29,61	4,87	-1,39	250
	3%	2,27	-0,9	32,12	-3,2	-0,17	118
«Полигма» М	1%	2,03	9,78	28,8	7,48	0,16	82,4
«Полисил»	3%	1,98	12,00	29,92	3,88	-2,2	338,5
	1%	2,08	7,56	29,44	5,43	-0,23	125
	3%	2,00	11,1	30,24	2,85	-3,14	441

качества глины (табл. 4). Таким образом, автором разработаны универсальные ингибиторы «Полигма», рекомендуемая концентрация 3–4 % в случае, «Полигма» 2 и М, 2–3 % при использовании ингибитора «Полигма» 3. Ре-

агенты позволяют эффективно поддерживать требуемые реологические параметры, препятствует разрушению стенок скважин и гидратации, обладают смазывающими и антикоррозионными свойствами.

Таблица 4. Сравнение ингибирования параметров набухания, увлажнения и потери массы глинистого образца при механической нагрузке на двух марках глин ПБ «Келес» и ПБМ «Навбахор»

1% растворы	Среда	Глинопорошок					
		ПБ			ПБМ		
		Жв %, 1 час	Ж потер массы, %, 1 час	Ж наб, %, 6 суток	Жв %, 1 час	Ж потери массы, %, 1 час	Ж наб, %, 6 суток
БСР	Дистиллят	-15,7	95,4	12,6	2,27	66,7	7,5
	Водопровод	-12,7	115,4	1,4	4,3	59,3	11,1
«Биосол»	Дистиллят	6,7	-4	27,4	2,1	0	11,5
	Водопровод	8,2	-29,2	10,4	10	-115	9,5
«Полигма» 2	Дистиллят	1,7	97,7	17,0	6,8	79	5
	Водопровод	0,48	369	5,0		592	9
«Полигма» 3	Дистиллят	3,9	81	16,0	0,68	62,8	10
	Водопровод	4,8	134	7,0	1,5	448	6,2

Разработанные ингибиторы прошли лабораторные испытания и рекомендованы как регуляторы технологических жидкостей при проходке глинистых разрезов. Разработан также новый эффективный ингибитор «Полисил» М на основе кремний органических соединений, который в большей степени ингибирует гидратацию глинистых сланцев, мягко снижает реологические параметры. Таким образом, проведен анализ оценки ингибирующей способности реагента «Полигма» с различными модифицирующими добавками. Определены параметры ингибирования комплекса показателей: набухания, увлажнения и потери

массы глинистых образцов при механической нагрузке. На модельном буровом растворе установлено влияние различных ингибирующих сред на реологические параметры. Экспериментально подтверждено, что оценка ингибирования по комплексу параметров, дает четкое представление о качестве продукции. Разработанные полимерные реагенты «Полигма» характеризуется положительным откликом ингибирования всех перечисленных параметров, что определяет их как универсальные реагенты — новые ингибиторы и регуляторы буровых растворов при проходке глинистых разрезов.

#### Литература:

1. Яров А, Н, Буровые растворы с улучшенными смазочными свойствами. — М.: Недр, 1975, 143 с.
2. Пеньков, А. И., и др. — М. НИИКР нефть, 1983. — 10 с. Методика оценки ингибирующих свойств буровых растворов. РД. 39–2–813–82
3. Ёдгаров, Н. Химические реагенты и материалы в нефтегазовом комплексе — Ташкент.: 2009, 520 с.

## Повышение долговечности узлов трения пожарных машин

Маркин Сергей Геннадьевич, преподаватель  
Раменский колледж

*Проведенные исследования с применением плазменного легирования и поверхности и объёмного модифицирования стали позволили повысить долговечность деталей пожарных машин.*

**Ключевые слова:** долговечность, износ, плазменное легирование, модифицирование РЗМ.

## Raising of capacity and durability of details machine

*Investigation of capacity and durability of plasma coatings durability of details and the influence of modifying on structure and property steel/*

**Keywords:** durability wear resistance plasma coatings modifying RZM

При эксплуатации многоцелевых пожарных средств почти всегда создаются неблагоприятные условия, резко снижающие их надежность и долговечность.

Неблагоприятные воздействия возникают также при неизбежных внешних или внутренних перегрузках за счет случайных флуктуаций энергии или действий внутренних концентраторов напряжений. Создаются условия для появления и развития внешних (поверхностных) и внутренних повреждений в изделиях, таких как активный износ поверхностей, появление и развитие усталостных трещин или, что наиболее опасно, хрупкое разрушение.

Если же, следуя основным положениям синергетики, внешние воздействия строго регламентировать по их уровню (величине), то произойдет самоорганизация структуры металла, возникает определенный тип диссипативной структуры, приспособленной (соответствующей) этим внешним воздействиям. Отсюда открывается новый путь предварительного, организованного создания оптимальных структур сплавов по типу диссипативных структур упрочнения, значительно увеличивающих надежность и долговечность изделий в процессе их эксплуатации.

Синергетический подход к этой проблеме, предусматривающий обязательный обмен энтропией системы с внешней средой, может быть выражен в дозированном подводе внешней энергии, необходимой и достаточной для развития внутренних, самоорганизующихся коллективных явлений в металле для создания приспособленных, диссипативных субструктур.

Снижение металлоемкости, повышение надежности и долговечности деталей машин и конструкций, работающих в условиях циклических нагружений, достигается направленным созданием оптимальной структуры сплава с учетом комплекса показателей его конструктивной прочности. Главным показателем прочности, определяющим металлоемкость изделия, является предел текучести сплава. Уровень надежности выражается вязкостью разрушения при различных условиях их нагружения. Долго-

вечность связана с усталостными проявлениями в сплаве. Она определяется числом циклов до разрушения или скоростью развития усталостной трещины и рядом других показателей (например, износостойкостью или коррозионной стойкостью), зависящих от условий эксплуатации конкретной машины или конструкции.

Все вышеперечисленные характеристики механического и физико — химического поведения сплава структурно — чувствительны, и поэтому научный путь повышения эксплуатационных свойств рассматривается в разработке таких упрочняющих технологий, которые привели бы к получения необходимых оптимальных структур на различных уровнях.

Особая роль в создании таких структур отводится наиболее благоприятным дислокационным механизмам упрочнения путем значительного размельчения зерна и создания в нем организованных дислокационно — дисклинационных построений ячеисто — полигонального типа. Развитие при этом процессов деформационного упрочнения (горячего наклепа), рекристаллизации и полигонизации, фазового перехода и других рассматривается с использованием синергетического подхода и анализируется на основе принципов приспособляемости и самоорганизации путем образования диссипативных структур.

Учет неравновесности, необратимости и нелинейности в процессах энергетического воздействия на металл и обмена веществом с окружающей средой позволяет максимально приблизить основные теоретические принципы упрочнения к реальным условиям обработки и эксплуатации промышленных сплавов.

Оценка оптимальности реальной структуры сплава для повышения усталостной прочности или долговечности может сочетаться с анализом конструктивной прочности по двум главным показателям: пределу текучести и вязкости разрушения.

Расширение применения высокомарганцевистой стали 110Г13Л для деталей машин ставит задачи по повышению износостойкости, усталостной прочности и соответственно

долговечности деталей. Технологические литейные дефекты часто являются очагами зарождения трещин, приводящих к хрупкому разрушению изделий. Одним из путей устранения такого разрушения является комплексное легирование стали и плазменная наплавка быстроизнашивающихся поверхностей деталей.

Микроструктуры серийной стали 110Г13Л и стали 110Г13ЛА с дополнительным легированием, выплавленных электродуговым способом, изучались на литых образцах, закаленных в воду с температуры 1050 °С. Исследовались также структуры после усталостного нагружения. Образцы нагружались пульсирующей нагрузкой, рост трещины от вершин острого надреза контролировали с помощью ультразвуковой установки для автоматического слежения [1]. Была проведена компьютерная обработка результатов. Коэффициент интенсивности напряжения  $k$  в вершине трещины находили методом конечных элементов [2].

Для изучения влияния легирующих элементов на размер аустенитного зерна и фазовый состав стали (выпадение или растворение карбидов, изменение объемной доли и морфологии неметаллических включений) использовался стереометрический и рентгеноструктурный анализы. Структура стали 110Г13Л характеризуется крупным зерном аустенита (497 мкм), карбидными и оксидными включениями, в основном, по границам зерна. Исследование структуры в зонах разрушения показало, что после деформации в зернах аустенита развивается интенсивное скольжение. Интерференционная картина деформируемых участков, полученная на интерферометре Линника, представляет характерные для линий скольжения ступеньки. Скольжение, начинающееся от границ зерна в местах выпадения карбидов, развивается вдоль включений, причем наблюдается локализация линий скольжения в отдельных полосах. Это повышает вероятность внезапного хрупкого разрушения при невысоком уровне внешнего напряжения.

Введение в сталь 110Г13Л 0,6% Cr и 0,4% Ni не вызывает увеличения размеров дендритов и аустенитного зерна ( $l_A = 360$  мкм), но доля карбидной фазы возрастает. Карбиды располагаются таким образом, что образуют сплошную сетку. Дальнейшее увеличение содержания этих элементов вызывает рост зерна аустенита до 468 мкм и дендритов, усиление ликвации. По границам и по телу зерна располагаются цепочки глобулярных карбидных и оксидных включений.

Легирование несколькими элементами (1,3 Cr, 1,2% Ni, 0,6% Mo, 0,03% Ti) с комплексом редкоземельных металлов (Р.З. М.) в количестве примерно 0,1% измельчает зерно до 284 мкм и почти полностью уничтожает карбидные и оксидные фазы на границах зерен. Величина суммарной межзеренной поверхности возрастает с 10,6 до 14,1 мм. Дальнейшее увеличение содержания хрома и никеля приводит к уменьшению этого параметра до 8,0 мм, что нежелательно, так как границы зерен тормозят распространение трещин [3, 4].

Таким образом, комплексное легирование меняет структуру сталей, что отражается и на усталостных характеристиках материалов. Можно утверждать, что комплексно легированная сталь имеет более высокий коэффициент интенсивности напряжений на различных стадиях роста трещины [5]. Это подтверждается данными испытаниями по схеме трёхточечного изгиба. Изделия из легированной стали выдерживают максимальное число циклов нагружения при пульсирующем напряжении 120 МПа (среднее значение числа циклов  $1,8 \cdot 10^6$ ). При отклонении состава сталей от оптимального, в частности, при увеличении или уменьшении содержания комплекса Р.З. М. выше 0,2% или ниже 0,1% наблюдается снижение циклической стойкости изделия до  $1,4 \cdot 10^6$  циклов. Длинна скачка в области усталостного разрушения за один цикл нагружения, которая определяет скорость роста дефекта, минимальна для комплексно легированной стали с 0,1% Р.З. М. Разработанные составы опытных сталей имеют следующие критерии линейной механики разрушения  $k_{1C} = 114,0$ ;  $k_C = 96,0$  МПа · м<sup>1/2</sup>.

В областях долома в сталях, в которых содержание Р.З. М. больше 0,1%, наблюдается разрушение по телу зерна путем двойникования (рис. 2). Интерференционная картина таких участков обнаруживает характерные для двойников двухгранные углы. Это согласуется с данными работы [8], где показано, что чрезмерное легирование сталей Р.З. М. может привести к увеличению содержания неметаллических включений в них. При этом изделия из высокомарганцовистой стали не являются хрупкими. Они хорошо выдерживают динамические нагрузки и не разрушаются. Высокое сопротивление истиранию объясняется большой склонностью стали к упрочнению и наклёпу при деформации.

Износ стали при испытаниях во вращающемся барабане, в 2–3 раза меньше износа графитизированной стали и в 10–12 раз меньше износа углеродистой стали. Износ шаров из стали 110Г13 равен 3,78 г/кг за 470 часов работы мельницы.

Структурные изменения при трении протекают в несколько этапов. На начальном этапе происходит увеличение плотности дислокаций, образование их скоплений, формирование ячеистой и фрагментированной структур, деформационное упрочнение и соответственно тонкая структура на поверхности. Изменения имеют неравномерный характер, что обусловлено дискретностью контакта при трении, с увеличением времени пути трения структура поверхностного слоя становится более однородной. После периода стабилизации структуры поверхностного слоя наступает период разупрочнения.

Интенсивные структурные изменения, обусловленные деформационным упрочнением и последующим разупрочнением, происходят в поверхностном слое детали при работе в условиях циклических нагрузок.

При этом возникает структурная приспособляемость материала, заключающаяся в перестройке структуры поверхностного слоя в энергетически выгодную для данных

условий нагрівання. Взаємодія трущихся тіл і робочої середовища локалізуються в тонкому шарі, характеризується особливим структурно-фазовим станом — шаром «вторичних» структур. В високомарганцовистій сталі спостерігається динамічне рівноваження процесів руйнування і утворення вторичних структур. Накладання активує поверхневий шар, що призводить до зростання швидкостей дифузії і скороченню часу утворення захисних «вторичних» структур.

На основі методів мікрофрактографії і фізичного металознавства визначені мікроструктурні характеристики міцності. Комплексне легювання з РЗМ підвищує зносостійкість і опір розвитку тріщин в високомарганцовистих сталях при усталостній і статичній навантаженні.

Для підвищення зносостійкості сталі перспективним є поверхнєве плазмічне легювання деталей і, зокрема, наплавкою спеціальними литими пластинчастими електродами зі сталі 110Г13Л. Відсутність оксидів марганцю в вихідних промислових флюсах, застосовуваних при такій наплавці, сприяє помітній окисленню марганцю і суттєвому зменшенню його вмісту в наплавленому металі. Це призводить до зниження стабільності марганцевого аустеніта і погіршенню фізико-механічних властивостей сталі. Дослідження показують, що застосування безмарганцевих флюсів веде до зниження вмісту марганцю в сталі на 1,7–2,3% абс. Вміст кисню в обробленому шлаку досягає при цьому 11% [6].

Коефіцієнти активності заліза і марганцю в сталі ідентичні і рівні одиниці, тому в подальших розрахунках вважали значення умовної константи рівноваги. Для розрахунків був вибран інтервал температур 1873–2073К.

Результати експериментів по наплавці і розрахункові дані про термодинамічно рівноважне розподілення

марганцю між шлаком і металом свідчать про те, що при плазмічній наплавці сталі 110Г13Л з використанням флюсу, не містять домішок оксиду марганцю, відбувається інтенсивне окислення марганцю, причому процес окислення не досягає рівноваги, т. є. фактичний вміст марганцю в шлаку іноді нижче розрахованого. По всьому видно, важливу роль тут грають кінетичні особливості плазмічного процесу, т. є. кристалізація відбувається до досягнення рівноваги між металом і шлаком.

Таким чином, для зниження окислення марганцю сталі 110Г13Л в склад стандартних флюсів необхідно вводити раскислители типу елементів РЗМ і оксидів марганцю. Щоб оцінити результати досліджень були виготовлені серійні деталі машин з експериментальної високомарганцовисті сталі з додатковим легюванням і наплавкою зон изнашивания. Циклічні випробування проводили за наступним режимом: максимальна навантаження — 80 кН., мінімальна навантаження — 24 кН, частота коливань пульсатора — 698 кол./хв. В результаті визначено кількість циклів до появи першої тріщини довжиною 5–7 мм. Воно становило приблизно 330000 циклів. Кількість циклів до руйнування трака — становило приблизно 400000 циклів.

Випробування на статичний вигин дали наступні результати. Межа руйнування без руйнування становила 40000–46000 кг, стріла вигину 80–110 мм.

Проведені експлуатаційні випробування на різних ґрунтах. Вони показали підвищення ходимості експериментальних деталей.

Таким чином, можна зробити висновок, що для підвищення зносостійкості і усталостної міцності деталей машин з високомарганцовисті сталі цілком доцільно застосовувати додаткове легювання сталі з домішками РЗМ, а також використовувати плазмічну наплавку изнашиваючихся поверхонь на основі спеціальних флюсів також з застосуванням РЗМ.

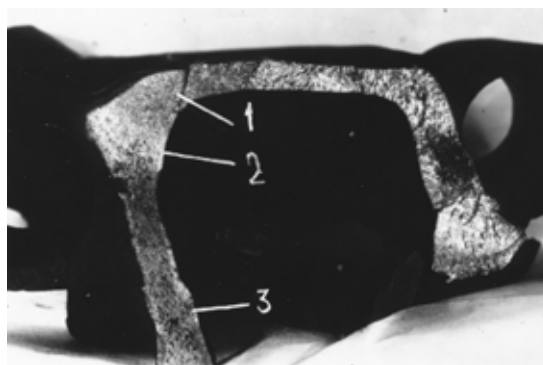


Рис. 1. Общій вид излома деталі після циклічних випробувань.  
1,2,3 — місця зняття реплік по зонам розвитку тріщини



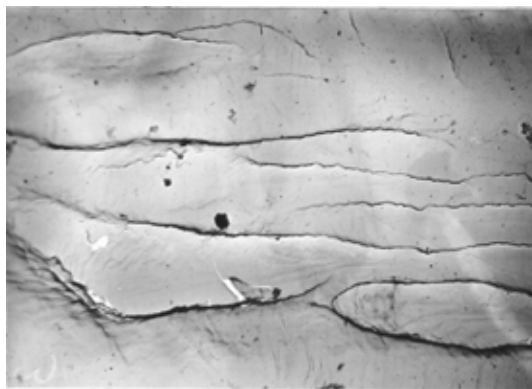


Рис. 2. Фрактограммы развития трещины — участки хрупкого скола. x 5500

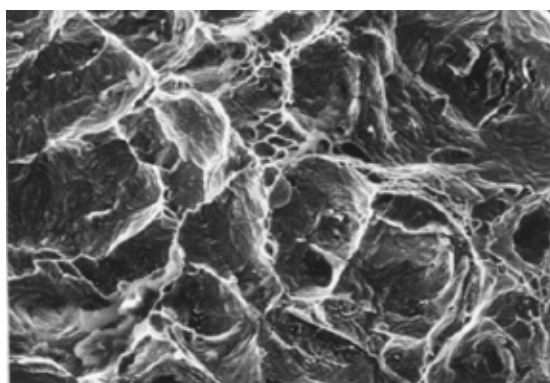


Рис. 3. Вязкое субзёрненное разрушение в стали, x500

Литература:

1. Володин, В.Л., Алюшин Ю.А., Коньков Ю.Д. — // Модель. прогнозирования усталостного разрушения. заводская лаборатория, 1977, № 5, С619–620.
2. Хеккель, К. Техническое применение механики разрушения. М.: Металлургия, 1974. с. 63. З. Нотт. Дж. Ф. Основы механики разрушения. М.: Металлургия, 1976. с. 256.
3. Финкель, В.М. Физика разрушения. Рост трещин в твердых телах М: Металлургия, 1970. с. 376.
4. Браун, М.П. Микролегирование стали. Киев, «Науковая думка», 1982. с. 30.
5. Валиц, К.А., Шварцер А.Я. Рафинирование стали 110Г13Л при наплавке/ Тезисы доклада республиканской научной конференции «Современные методы наплавки». Харьков, 1981 г. с. 22–23.
6. Григорян, В.А., Белянчиков Л.Н., Стомахин А.Я., Теоретические основы электросталеплавильных процессов. М. «Металлургия», 1979 г. С256.
7. Валиц, К.А., Шварцер А.Я. Флюс для электрошлаковой наплавки высокомарганцевистой стали. Проблемы спец. Электрометаллургии, 1985 г. № 4. с. 26–28.

## Математическая модель для расчёта утечек через поршневые кольца

Мотыченков Леонид Алексеевич, студент

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

**Ц**ель работы — получение аналитической зависимости для определения эффективного проходного сечения поршневых колец при расчёте утечек газа в четырёхтактном двигателе.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- разработать математическую модель для расчета состояния газа в цилиндре и объёмах между кольцами четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания с учётом утечек через поршневые кольца;
- подобрать значения эффективных площадей проходного сечения колец для двигателей с различными диаметрами цилиндра по известным экспериментальным данным;
- получить эмпирическую формулу для расчета эффективной площади проходного сечения поршневых колец от диаметра цилиндра.

В двигателях внутреннего сгорания для уплотнения зазора между поршнем и гильзой используются компрессионные поршневые кольца. Между кольцом и кольцевой канавкой поршня, а так же между кольцом и стенкой гильзы существуют зазоры. Кроме того для обеспечения возможности сборки у кольца есть разъём, называемый замком. Через эти зазоры происходят утечки рабочего тела из камеры сгорания. Ниже компрессионных располагаются маслосъёмные кольца (одно, или реже два), которые служат для снятия излишков масла со стенки гильзы.

Утечки через кольца, особенно через изношенные, могут оказывать сильное влияние на параметры газа в цилиндре, изменяя индикаторную диаграмму и показатели двигателя. Потеря массы рабочего тела ведёт к уменьшению давления и, как следствие, работы цикла. Так же уменьшается и температура в цилиндре, ухудшая тем самым условия сгорания топливо-воздушной смеси, что приводит к ухудшению эффективных и экологических показателей двигателя. Более того изменение давления и температуры газов в объёмах между кольцами, вызванное утечками через них, сказывается на теплонапряженном состоянии деталей, так как изменяются условия теплообмена между поршнем и гильзой цилиндра.

На практике для оценки состояния цилиндро-поршневой группы используется замер компрессии — максимального давления цикла достигаемого в цилиндре двигателя без процесса сгорания. Для измерения этого давления используют прибор, называемый компрессометром (рисунок 1), который устанавливается вместо свечи в двигателе с воспламене-

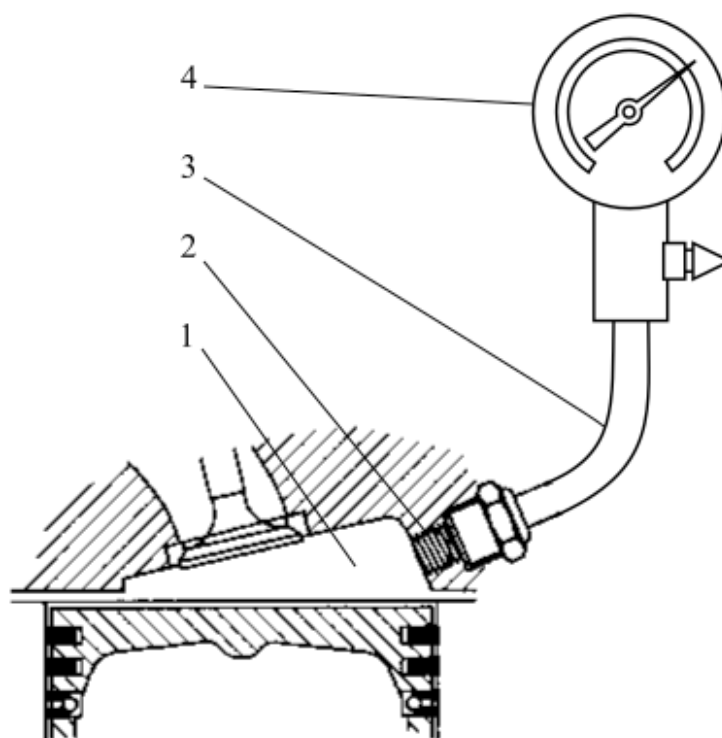


Рис. 1. Схема замера компрессии двигателя с искровым зажиганием: 1 — камера сгорания, 2 — резьбовое отверстие для установки свечи, 3 — присоединительный шланг, 4 — манометр

нием искрой или форсунки в двигателе с воспламенением от сжатия. При измерении компрессии коленчатый вал приводится в движение от стартера или же остальными цилиндрами двигателя. Замер компрессии проводится на двигателе, выведенном на рабочий тепловой режим. В зависимости от технического состояния двигателя компрессия в цилиндре двигателя отличается. Обычно производитель устанавливает допустимые значения компрессии, которые указываются в руководстве по эксплуатации или ремонту.

Геометрия, формируемая кольцами и кольцевыми канавками, не только сложна, но и непостоянна во времени, поскольку кольца при нормальной работе перекадываются с верхнего торца на нижний, проворачиваются вокруг оси поршня и скручиваются, поршень перекадывается в гильзе, а под действием температуры происходит деформация канавок и колец. Поэтому решение задачи расчёта утечек в полной постановке, особенно при расчете рабочего процесса двигателя, затруднено. В программах моделирования рабочего процесса зачастую вводится абстрактная величина  $\mu f_L$  — эффективная площадь проходного сечения поршневых колец, принимаемая постоянной.

Размеры колец и кольцевых канавок, зазоров в замке кольца подбираются в узких пределах в зависимости от диаметра цилиндра  $D$  двигателя, поэтому предположим, что величина  $\mu f_L$  так же зависит от  $D$ . Алгоритм создания аппроксимирующей зависимости для расчета  $\mu f_L(D)$  предполагает следующие этапы:

- определение  $\mu f_L$  для двигателей с разными  $D$  путем подбора эффективной площади проходного сечения колец при расчёте компрессорных ходов до совпадения экспериментального и расчетного значений максимального давления;
- аппроксимация полученного набора данных  $\mu f_L(D)$  с помощью полинома.

**Метод решения**

Для решения использовано математическое моделирование компрессорного хода (работа без сгорания) в цилиндре. Применена термодинамическая модель, включающая цилиндр, пространства между кольцами и картер двигателя.

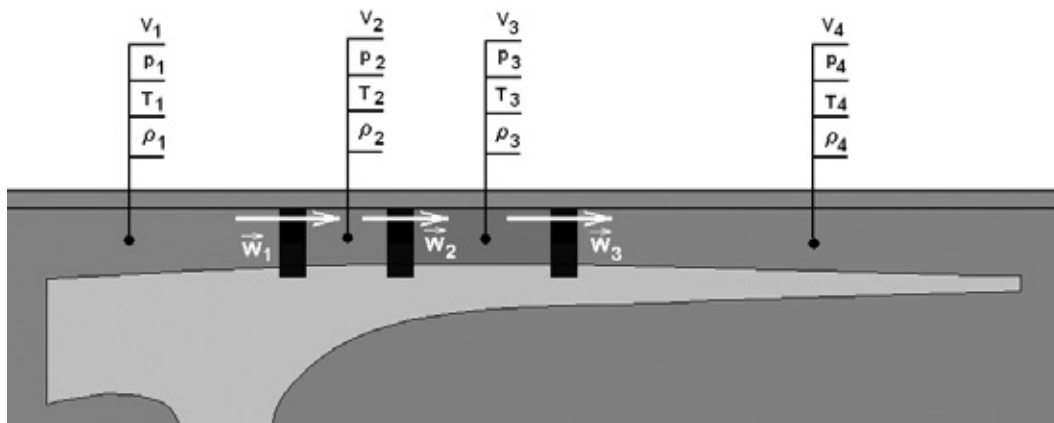


Рис. 2. Схема модели расчёта компрессорных ходов с учётом утечек через кольца для двигателя с тремя поршневыми кольцами [1]

Процессы в цилиндре и объёмах между кольцами описаны первым законом термодинамики для открытой системы, законом сохранения массы и уравнением состояния идеального газа:

$$\frac{dH_i}{dt} + \frac{dQ_i}{dt} = \frac{dU_i}{dt} + \frac{dL_i}{dt};$$

$$\frac{dG_i}{dt} = \frac{dG_{i,i-1}}{dt} + \frac{dG_{i,i+1}}{dt};$$

$$p_i V_i = G_i R T_i;$$

Распишем первый закон термодинамики:

$$\frac{dH_{i,i-1}}{dt} + \frac{dH_{i,i+1}}{dt} + \frac{dQ_{w,i}}{dt} = \frac{dU_i}{dt} + \frac{dL_i}{dt},$$

где  $H_{i,i-1}, H_{i,i+1}$  — энтальпия, поступившая в зону  $i$ , вследствие массообмена с предыдущей ( $i-1$ ) и следующей ( $i+1$ ) зонами, Дж;  $Q_{w,i}$  — теплота, подведённая вследствие теплообмена со стенкой, Дж;  $U_i$  — внутренняя энергия газа, Дж;  $L_i$  — работа, совершённая газом, Дж.

Для цилиндра под массообменом с предыдущей зоной понимается массообмен через выпускные ( $G_{EX}$ ) и впускные ( $G_{IN}$ ) клапана, соответственно изменение энтальпии для данного объема:

$$\frac{dH_{1,0}}{dt} = \frac{dH_{EX}}{dt} + \frac{dH_{IN}}{dt}.$$

Поскольку объём пространства между кольцами принимается постоянным, работа в них не совершается:

$$\frac{dL_i}{dt} = 0, \text{ при } i > 1.$$

Изменение энтальпии определяется как:

$$\frac{dH}{dt} = C_{p0} \cdot T_0 \cdot \frac{dG}{dt};$$

где  $C_{p0}$  — изобарная теплоёмкость текущего газа, Дж/(кг К);  $T_0$  — температура текущего газа, К;  $\frac{dG}{dt}$  — массовый расход газа через клапана или зазоры колец, кг/с.

Расход газа через клапана и кольца:

$$\frac{dG}{dt} = \mu f \cdot \rho_0 \cdot w;$$

где  $\rho_0$  — плотность текущего газа, кг/м<sup>3</sup>;  $\mu f$  — текущая эффективная площадь проходного сечения, м<sup>2</sup>;  $w$  — скорость течения газа, м/с.

Скорость течения газа через клапана и сквозь кольца рассчитывается с использованием газовой динамики для задачи в стационарной постановке:

$$\beta = \frac{p_0}{p_1};$$

$$\beta_{кр} = \left( \frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}};$$

$$w_m = \begin{cases} \sqrt{\frac{k}{k-1} \frac{p_0}{\rho_0} \left[ 1 - \left( \frac{p_1}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}, & \text{при } \beta_{кр} < \beta \leq 1 \\ \sqrt{\frac{k}{k-1} \frac{p_0}{\rho_0}}, & \text{при } 0 < \beta \leq \beta_{кр} \end{cases}$$

где  $p_0, \rho_0$  — давление (Па) и плотность (кг/м<sup>3</sup>) в объёме, из которого происходит истечение;  $p_1$  — давление в объёме, в который происходит истечение, Па;  $k$  — газовая постоянная газа, Дж/(кг К).

Причём при расчёте газообмена двух объёмов  $p_0$  и  $p_1$  выбираются так что  $p_0 > p_1$ , поэтому  $w_m$  лишь модуль скорости, направление потока учитывается сравнением давлений в расчётном объёме ( $i$ ) и объёме, с которым происходит газообмен ( $i+1$ ).

$$p_i > p_{i+1}: \quad p_0 = p_i, \quad p_1 = p_{i+1}, \quad \rho_0 = \rho_i, \quad w = -w_m;$$

$$p_i < p_{i+1}: \quad p_0 = p_{i+1}, \quad p_1 = p_i, \quad \rho_0 = \rho_{i+1}, \quad w = w_m.$$

Закон изменения эффективной площади проходного сечения клапанов принят за синусоидальный:

$$\mu f = \frac{\mu f_{max}}{2} \left( 1 + \sin \left( 2\pi \frac{\varphi_{loc}}{\varphi_{val}} - \frac{\pi}{2} \right) \right),$$

где  $\varphi_{loc}$  — «локальный» угол поворота коленчатого вала, с нулём в точке начала открытия клапана, °;  $\varphi_{val}$  — полная продолжительность открытия клапана, °;  $\mu f_{max}$  — максимальная эффективная площадь проходного сечения клапанов, м<sup>2</sup>.

Эффективная площадь проходного сечения колец принята постоянной на всём протяжении цикла и одинаковой для всех колец, в том числе и для масляесёмного.

Количество теплоты, подведённой в результате теплообмена, определяется по формуле Ньютона-Рихмана:

$$\frac{dQ_w}{dt} = \alpha_w \cdot (T_w - T) \cdot F_w;$$

где  $\alpha_w$  — средний коэффициент теплоотдачи от газа к стенке, Вт/(м<sup>2</sup> К);  $T_w$  — средняя температура стенки, К, принята постоянной;  $T$  — температура газа в цилиндре, К;  $F_w$  — площадь поверхности теплоотдачи, м<sup>2</sup>.

В цилиндре коэффициент теплоотдачи определяется по эмпирической формуле Вошни [2]. В объёмах между кольцами коэффициент теплоотдачи рассчитывается по формуле для течения жидкости по трубе:

$$Nu = 0,21 Re^{0,8} Pr^{0,43} \left(\frac{Pr}{Pr_w}\right)^{0,25};$$

где  $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$  — критерий Нуссельта;  $Re = \frac{W d_{эке}}{\nu}$  — число Рейнольдса;  $Pr = \frac{\nu}{\alpha}$  — число Прандтля;  $Pr_w$  — число Прандтля, рассчитанное по температуре стенки;  $l$  — характерная длина, в данном случае — высота между кольцами, м;  $\lambda$  — коэффициент теплопроводности, Вт/(м К);  $d_{эке} = \sqrt{\frac{4}{\pi} \mu f_L}$  — эквивалентный диаметр трубы, м.

Площадь теплообмена для цилиндра состоит из поверхностей днища поршня  $F_{дп}$ , крышки цилиндра  $F_{кц}$  и текущей площади гильзы  $F_{г(\varphi)}$  и определяется как:

$$F_{w1} = F_{дп} + F_{кц} + F_{г(\varphi)} = 2 \frac{\pi D^2}{4} + \pi D Sx(\varphi);$$

В объёмах между кольцами площадь рассчитывалась по формуле:

$$F_{wi} = \pi D h_{кол}, \text{ при } i > 1;$$

где  $h_{кол}$  — расстояние между кольцами, м.

Изменение внутренней энергии:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dC_v G T}{dt} = TG \frac{dC_v}{dt} + C_v T \frac{dG}{dt} + C_v G \frac{dT}{dt};$$

где  $C_v$  — изохорная теплоёмкость газа, Дж/(кг К);  $G$  — масса газа в цилиндре, кг.

В расчетах принималась зависимость теплоемкости газа от температуры, тогда изменение внутренней энергии, входящее в Первый закон термодинамики, запишем в следующем виде

$$\begin{aligned} \frac{dU}{dt} &= GT \frac{dC_v}{dT} \frac{dT}{dt} + C_v T \frac{dG}{dt} + C_v G \frac{dT}{dt} = \\ &= \left( GT \frac{dC_v}{dT} + C_v G \right) \frac{dT}{dt} + C_v T \frac{dG}{dt} = \frac{dU_T}{dT} + \frac{dU_G}{dT}. \end{aligned}$$

Для расчёта изохорной и изобарной теплоёмкости газов используется эмпирическое выражение в виде полинома шестой степени:

$$C_v(x) = C_6 x^6 + C_5 x^5 + C_4 x^4 + C_3 x^3 + C_2 x^2 + C_1 x + C_0;$$

для воздуха коэффициенты имеют значения:  $x = (T-273,15)/1000$ ;  $C_0 = 718,506574$ ;  $C_1 = -0,604835$ ;  $C_2 = 234,693349$ ;  $C_3 = -236,414469$ ;  $C_4 = 115,188305$ ;  $C_5 = -28,667784$ ;  $C_6 = 2,906563$ .

А так же закон Майера:

$$C_p - C_v = R,$$

где  $R$  — газовая постоянная, для воздуха  $R = 287,0$  Дж/(кг К).

Соответственно производная от изохорной теплоёмкости по температуре:

$$\begin{aligned} \frac{dC_v(x)}{dT} &= \frac{dC_v(x)}{dx} \frac{dx}{dT} = \\ &= \frac{1}{1000} (6C_6 x^5 + 5C_5 x^4 + 4C_4 x^3 + 3C_3 x^2 + 2C_2 x + C_1). \end{aligned}$$

Элементарная работа, совершённая газом:

$$\frac{dL}{dt} = p \frac{dV}{dt} = \frac{GRT}{V} \frac{dV}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{GRT}{V} \omega \frac{dV}{d\varphi};$$

где  $p$  — давление газа, Па;  $V$  — текущий объём цилиндра, м<sup>3</sup>.

Закон изменения объёма цилиндра следует из кинематики преобразующего механизма, для центрального кривошипно-шатунного механизма (рисунок 3) перемещение поршня выражается как:



$$Sx(\varphi) = \frac{S}{2} \left( 1 - \cos(\varphi) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos(2\varphi)) \right);$$

где  $S$  — полный ход поршня, м;  $\lambda$  — отношение радиуса кривошипа к длине шатуна.  
Тогда объём цилиндра от угла поворота коленчатого вала:

$$V(\varphi) = \frac{\pi D}{4} \cdot Sx(\varphi) + Vc =$$

$$= \frac{\pi D}{4} \cdot \frac{S}{2} \left( 1 - \cos(\varphi) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos(2\varphi)) \right) + Vc;$$

$Vc = \frac{\pi D}{4} \frac{S}{\varepsilon - 1}$  — объём камеры сгорания в ВМТ, м<sup>3</sup>;  $\varepsilon$  — степень сжатия.

Производная от объёма цилиндра по углу поворота коленчатого вала в свою очередь имеет вид:

$$\frac{dV}{d\varphi} = \frac{\pi D}{4} \cdot \frac{S}{2} \left[ \sin(\varphi) + \frac{\lambda}{2} \sin(2\varphi) \right];$$

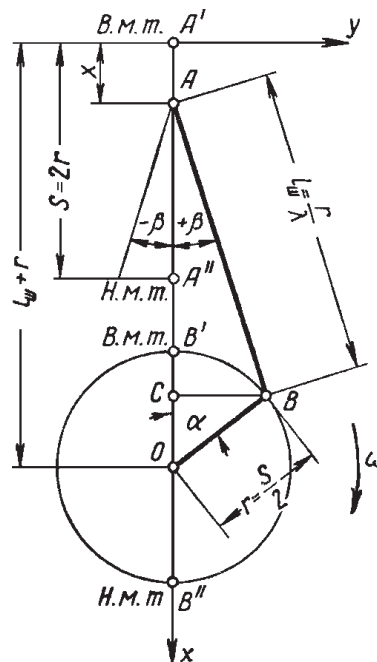


Рис. 3. Центральный кривошипно-шатунный механизм

Окончательно Первый закон термодинамики (для каждого контрольного объема) перепишем в виде:

$$\frac{dT_i}{dt} = \frac{1}{C_v G + GT} \frac{dC_v}{dT} \left[ \frac{dH_{i,i-1}}{dt} + \frac{dH_{i,i+1}}{dt} + \frac{dQ_{W,i}}{dt} - \frac{dU_{G,i}}{dt} - \frac{dL_i}{dt} \right].$$

Последняя зона (картер) обладает гораздо большим объёмом, чем объёмы цилиндра или межколенчатых пространств. Так же на двигателях устанавливается сапун, для сброса избытка давления из картера, поэтому давление, температура и масса газа в этой зоне задаются постоянными.

Решение системы уравнений осуществляется численно — методом Рунге-Кутты [3]. Шаг расчёта задавался в углах поворота коленчатого вала и пересчитывался в шаг по времени в зависимости от частоты вращения коленчатого вала  $n$ . Величина шага выбирается так, чтобы быть достаточной при расчёте термодинамических параметров в объёмах между кольцами: они много меньше объёма цилиндра и в то же время сильно отличаются от него по давлению, вследствие чего процессы перетекания весьма интенсивны и требуют повышенной точности расчёта.

Расчёт рабочего процесса повторяется несколько раз, до тех пор пока термодинамические параметры в цилиндре в начале и конце цикла не совпадут с точностью 0,1 %, после чего рабочий цикл считается установившимся. После установления рабочего цикла, программа изменяет значение эффективной площади проходного сечения колец и повторяет расчёт вновь до тех пор пока значение компрессии не совпадёт с требуемым.

**Исследование и результаты**

Исследование проводилось по известным данным, приведённым заводами изготовителями [4, 5], для нескольких автомобильных и тепловозных двигателей, как дизельных, так и бензиновых.

Таблица 1. Исходные данные [4, 5]

Двигатель	ВАЗ 2101	ЗМЗ 406	ЯМЗ 238	Д49
$D$ , мм	76	92	130	260
$S$ , мм	66	86	140	260
$\varepsilon$	8,5	9,3	17,5	13,5
$\lambda$	0,25	0,27	0,26	0,22
$n$ , мин <sup>-1</sup>	400	400	440	500
Угол открытия выпускных клапанов, град до НМТ	42	46	66	50
Угол закрытия выпускных клапанов, град за ВМТ	10	14	20	35
Угол открытия впускных клапанов, град до ВМТ	12	14	20	55
Угол закрытия впускных клапанов, град за НМТ	40	46	46	30
Диаметр выпускного клапана, мм	31,5	31,5	48	88
Диаметр впускного клапана, мм	37	37	61	96
Ход выпускного клапана, мм	8	8	12	24
Ход впускного клапана, мм	9	9	15	24
Наибольший диаметр гильзы, мм	76,01	92,036	130,02	260,5
Наименьший диаметр поршня, мм	75,94	91,988	129,8	260
Расстояние между поршневыми кольцами, мм	6	7	10	14
Количество колец	3	3	3	4
Компрессия при максимальном износе колец, бар	10	12	20	25
Компрессия при минимальном износе колец, бар	12	-	27	-

Таблица 2. Рассчитанные данные

Двигатель	ВАЗ 2101	ЗМЗ 406	ЯМЗ 238	Д49
Максимальное эффективное проходное сечение выпускных клапанов, мм <sup>2</sup>	385,7	771,5	895,7	6568,4
Максимальное эффективное проходное сечение впускных клапанов, мм <sup>2</sup>	532,2	1064,4	1446,5	6866,9
Межколёчный объём, мм <sup>3</sup>	100,3	404,6	898,5	5717,7

Таблица 3. Результаты численного эксперимента

Двигатель	ВАЗ 2101	ЗМЗ 406	ЯМЗ 238	Д49
Эффективное проходное сечение колец при их максимальном износе, мм	10,9	13	38,2	66
Эффективное проходное сечение колец при их минимальном износе, мм	2,7	-	5,8	-

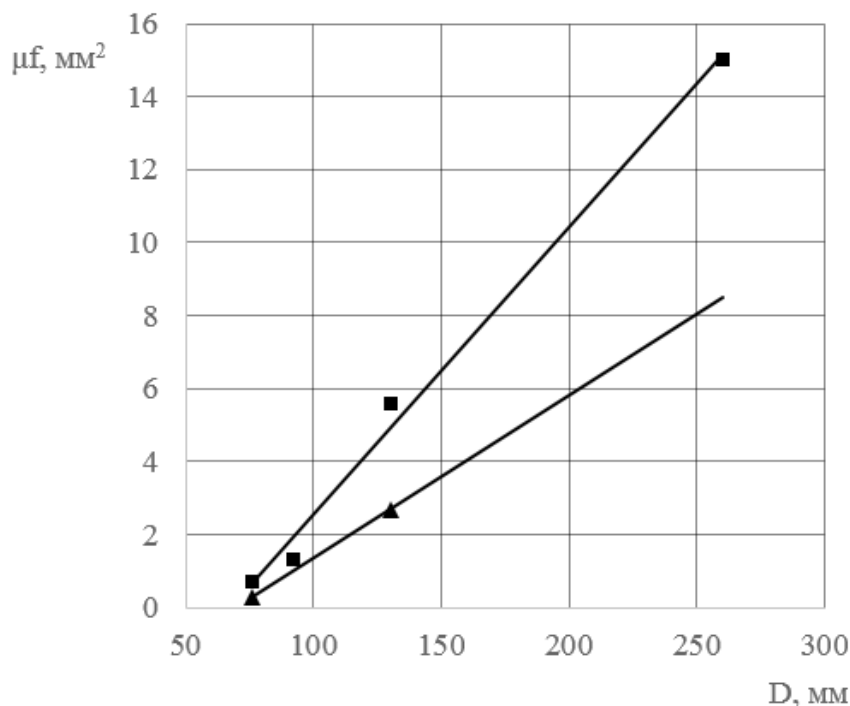


Рис. 4. Результаты численного эксперимента и полученные зависимости для износа поршневых колец

Эффективная площадь проходного сечения кольца (в мм<sup>2</sup>) при максимальном износе (*i*)

$$\mu f_{L \max} = 0,080 D - 5,713;$$

и минимальном износе

$$\mu f_{L \min} = 0,046 D - 3,319.$$

Если принять степень износа: 0 — для новых и 1 — для предельно изношенных, тогда в общем случае эффективная площадь проходного сечения колец в зависимости от диаметра цилиндра и степени их износа:

$$\mu f_L = (0,046 + 0,034 i) D - (3,319 + 2,394 i) \mu f_L = (0,046 + 0,034 i) D - (3,319 + 2,394 i),$$

### Заключение

Разработана математическая модель, описывающая параметры состояния в цилиндре и объёмах между кольцами четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания с учётом утечек через поршневые кольца, модель является термодинамической, а система уравнений решается численным методом Рунге-Кутты.

По известным данным подобраны значения эффективных площадей проходного сечения колец для двигателей с различными диаметрами цилиндра — таблица 3.

Получена эмпирическая формула эффективной площади проходного сечения поршневых колец от диаметра цилиндра для диапазона значений 76...260 мм и степени изношенности колец.

### Литература:

1. Барченко, Ф. Б., Иващенко Н. А. Расчёт давления между поршневыми кольцами двигателя внутреннего сгорания. // Вестник МГТУ им Н. Э. Баумана. — 2007. — Специальный выпуск — с. 80–85.
2. Теория поршневых и комбинированных двигателей / ред. А. С. Орлина, М. Г. Круглова — 3-е издание, переработанное и дополненное — Москва: Машиностроение, 1983.
3. Бахвалов, Н. С., Жидков Н. П., Кобельков Н. С. Численные методы. — Москва: Бинوم, 2001.
4. Руководства по эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту. Двигатели КАМАЗ 740. — Набережные Челны: ОАО «КАМАЗ», 2002.
5. Ремонт двигателей ЯМЗ-236, 238, 240. Конструкция, принцип действия, диагностика неисправностей, ремонт. Практическое руководство. — «Сверчок Ъ», 2009.

## Влияние возмущающих и регулирующих воздействий на температурный режим зданий

Мохов Александр Иванович, студент;

Рафальская Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент  
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

Рассмотрены основные возмущающие и регулирующие воздействия, влияющие на температурный режим зданий при отклонении параметров в теплосети от расчётных значений. Приведена методика расчёта теплового режима помещений на основе статической отопительной характеристики зданий для зависимой и независимой схем присоединения системы отопления в тепловом пункте.

На основе полученных результатов можно определить статические коэффициенты передачи по каналам возмущающего и регуливающего воздействий и выбрать необходимые режимы работы систем регулирования отопительной нагрузки.

**Ключевые слова:** система теплоснабжения, тепловая сеть, тепловой пункт, система отопления, температурный режим зданий.

Изменение температурного режима отапливаемых зданий может происходить как вследствие изменения внешних и внутренних возмущающих, так и вследствие изменения регулирующих воздействий. Внешними возмущающими воздействиями являются изменения наружной температуры, скорости ветра, солнечной радиации. К внутренним возмущающим воздействиям относятся бытовые тепловыделения. Регулирующими воздействиями, изменяющими температурный режим отапливаемых зданий, являются:

- температура сетевой воды в подающей линии отопительной сети;
- расход сетевой воды, поступающей на отопление;
- величина поверхности нагрева отопительных приборов.

В качестве примера были рассмотрены режимы работы теплосети от ЦТП-ц41 по ул. Орджоникидзе в г. Новосибирске. Расчётная нагрузка на отопление на ЦТП составляет  $Q_{\text{отmax}} = 4,459$  МВт, средняя на горячее водоснабжение  $Q_{\text{hm}} = 2,659$  МВт. Расчётная температура для проектирования отопления в Новосибирске  $t_{\text{но}} = -37$  °С, расчётная температура внутреннего воздуха  $t_{\text{вп}} = 20$  °С, в системе отопления  $\tau_{\text{o1}} = 105$  °С. Тепловые сети рассчитаны на температурный график отпуска теплоты 150/70 °С, но на ТЭЦ применяется верхняя срезка температурного графика на 114 °С (рис. 1).

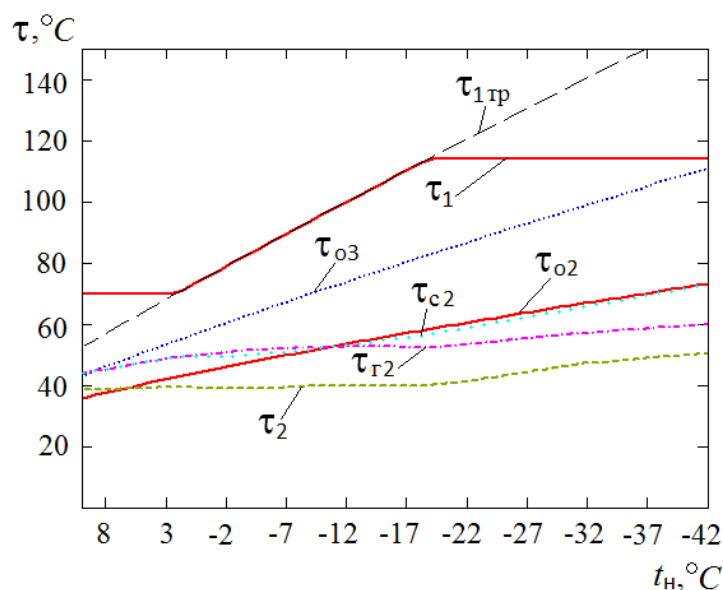


Рис. 1. Температуры сетевой воды в ЦТП:  $\tau_1$  — в подающей магистрали теплосети;  $\tau_{o3}$  — в подающей магистрали системы отопления;  $\tau_{o2}$  — в обратной магистрали системы отопления;  $\tau_2$  — в обратной магистрали теплосети;  $\tau_{r2}$  — после подогревателя II ступени СГВ;  $\tau_{c2}$  — на входе в подогреватель I ступени СГВ

Таким образом, начиная с наружной температуры  $t_{нo} = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$  температура воды в теплосети не соответствует расчётной ( $\tau_1 < \tau_1^{р}$  на рис. 1). Кроме того, текущая температура наружного воздуха может опуститься ниже расчётной для проектирования отопления. Снижение  $\tau_1$  и  $t_{н}$  ниже расчётных значений требует увеличения расхода воды из теплосети в систему отопления для поддержания требуемого температурного режима ( $G_{do}$  не остаётся постоянным при низких температурах наружного воздуха, а должен увеличиваться, рис. 2).

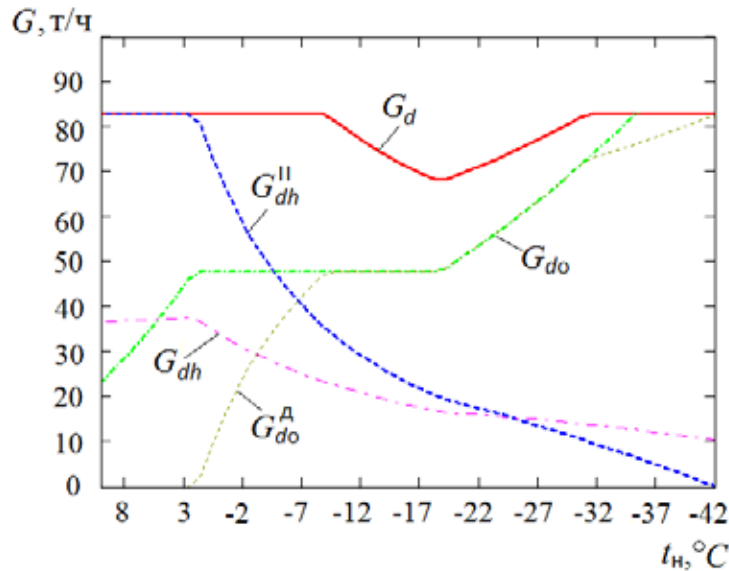


Рис. 2. Расходы сетевой воды в ЦТП:  $G_d$  — расход воды в теплосети;  $G_{do}$  — требуемый расход сетевой воды из подающей магистрали тепловой сети для системы отопления;  $G_{do}^A$  — действительный расход сетевой воды, поступающей в систему отопления из подающей магистрали теплосети;  $G_{dh}^II$  — расход сетевой воды в подогревателе горячей водоснабжения II ступени;  $G_{dh}^A$  — расход воды из теплосети на СГВ

Изменения температуры воздуха в отапливаемых зданиях при зависимом присоединении системы отопления можно определить, решая систему уравнений (1–3), [1].

Расход теплоты, поступающей в систему отопления:

$$Q_o = \frac{(\tau_1 - t_n) \cdot Q_{o\max}}{t_{вр} - t_{но} + \frac{0,5 + u}{1 + u} \cdot \frac{\delta\tau_o}{\phi_o} + \Delta t_o \cdot \left(\frac{Q_{op}}{Q_o}\right)^{0,2} \cdot \left(\frac{t_{вр} - t_{но}}{t_{вр} - t_n}\right)}, \quad (1)$$

где  $u = \frac{\tau_1 - \tau_{o3}}{\tau_{o3} - \tau_{o2}}$  — коэффициент смешения системы отопления;

$\delta\tau_o = \tau_1 - \tau_{o2}$  — расчётная разность температур сетевой воды,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\Delta t_o = \frac{\tau_{o3} + \tau_{o2}}{2} - t_{вр}$  — температурный напор при смешении воды в отопительном устройстве,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\phi_o = G_{do}/G_{do}^A$  — относительный расход воды в отопительной сети;

$Q_{op}$  — требуемая тепловая мощность системы отопления при данной наружной температуре.

В этом уравнении величина  $Q_o$  входит в левую и правую части. Поэтому, в первом приближении принимаем  $Q_{op}/Q_o = 1$ . Затем определяется  $Q_{op}$ :

$$Q_{op} = Q_{o\max} \cdot \frac{t_{вр} - t_n}{t_{вр} - t_{но}}. \quad (2)$$

Определив новое значение  $Q_{op}/Q_o$ , снова находим  $Q_o$  по формуле (1). Расчёт повторяем до заданной точности.

Внутреннюю температуру можно найти по формуле:



$$t_{\text{в}} = t_{\text{н}} + \left( \frac{Q_{\text{о}}}{Q_{\text{оп}}} \right) \cdot (t_{\text{вр}} - t_{\text{н}}). \tag{3}$$

На рис. 3 показано, на какую величину будет изменяться температура в отапливаемых помещениях при условии, что регулирующие воздействия  $\tau_1, G_{\text{до}}$  остаются неизменными, а возмущающее воздействие (наружная температура  $t_{\text{н}}$ ) будет изменяться на  $\Delta t_{\text{н}}$ .

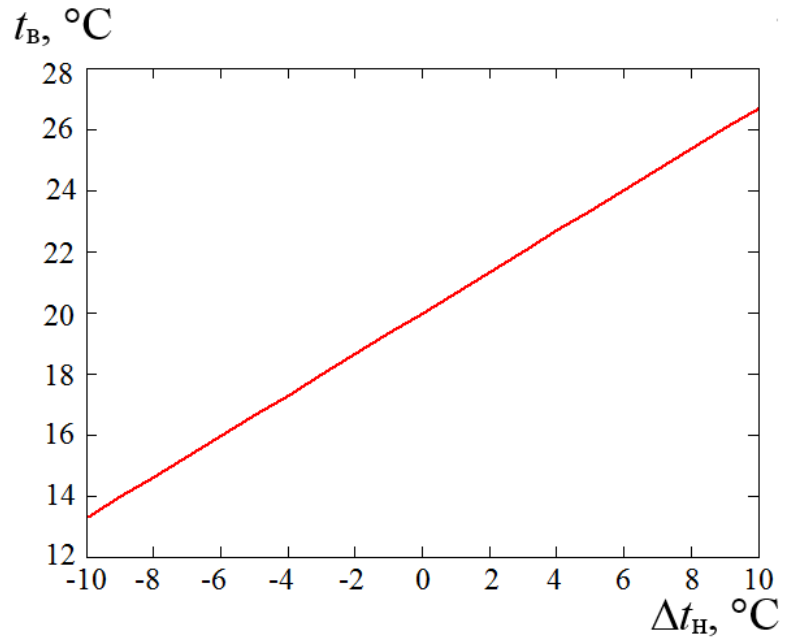


Рис. 3. Изменение температуры в отапливаемых помещениях при изменении наружной температуры  $\Delta t_{\text{н}}$  ( $\tau_1 = \text{const}, G_{\text{до}} = \text{const}$ )

На рис. 4 и 5 показаны результаты расчёта системы уравнений (1–3) при отклонении температуры в подающей магистрали теплосети от расчётных значений.

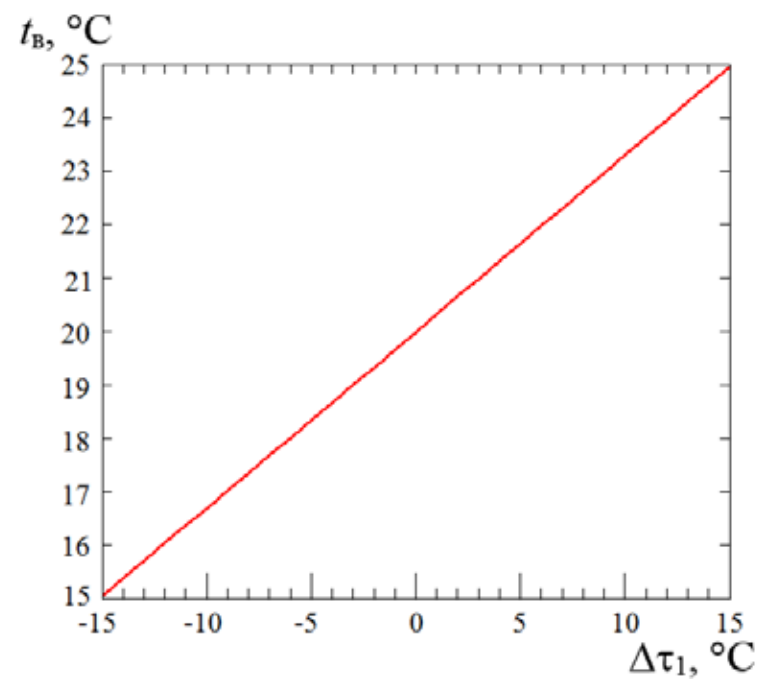


Рис. 4. Температура в помещениях  $t_{\text{в}}$  при отклонении температуры сетевой воды  $\Delta \tau_1$  от расчётного значения по температурному графику ( $t_{\text{н}} = \text{const}, G_{\text{до}} = \text{const}$ )

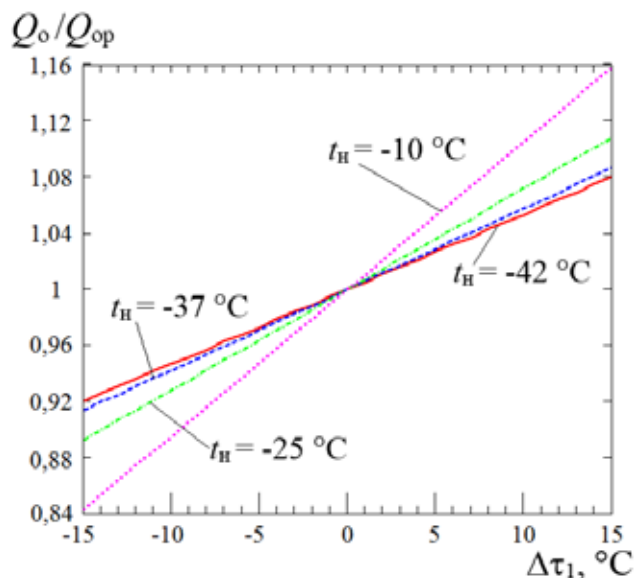


Рис. 5. Относительный расход теплоты на отопление  $Q_o/Q_{op}$  при отклонении температуры сетевой воды  $\Delta\tau_1$  от расчётного значения по температурному графику ( $t_H = \text{const}$ ,  $G_{do} = \text{const}$ )

На рис. 6 показаны полученные из формулы (1) зависимости относительного расхода сетевой воды в систему отопления  $\phi_o$  при различном отклонении температуры воды в теплосети, при которых будут обеспечены  $Q_{op}/Q_o = 1$  и, следовательно,  $t_{вр} = 20\text{ °C}$ .

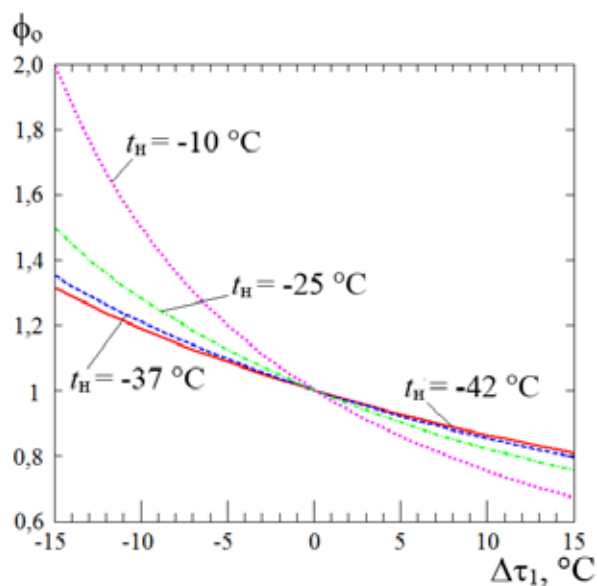


Рис. 6. Относительные расходы сетевой воды на отопление  $\phi_o$ , компенсирующие отклонение  $\tau_1$  от расчётного значения на величину  $\Delta\tau_1$

На основе полученных результатов можно определить статические коэффициенты передачи по каналам возмущающего и регулирующего воздействий.

Так, статический коэффициент передачи по каналу (изменение температуры наружного воздуха к изменению температуры воздуха в отапливаемых помещениях) при условии постоянства других воздействий определяется как отношение изменения внутренней температуры к изменению наружной:

$$k = \Delta t_v / \Delta t_n \tag{4}$$

При независимом присоединении системы отопления относительный расход воды на отопительный подогреватель можно определить по уравнению:

$$\frac{Q_o}{Q_{op}} = \frac{\tau_1 - t_n}{t_{вр} - t_{но} + \frac{\Phi_o \cdot \delta\tau_n}{\Phi_n \epsilon_n} + \frac{1 - \epsilon_o}{\epsilon_o} \cdot \delta\tau_o} \cdot \frac{t_{вр} - t_{но}}{t_{вр} - t_n}, \tag{5}$$

где для рассматриваемого ЦТП принято:

$\Phi_n$  – относительный расход сетевой воды из внешней сети через отопительный подогреватель;

$\delta\tau_n = 150 - 65 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$  – расчётный перепад температур во внешней сети;

$\delta\tau_o = 130 - 70 = 60 \text{ }^\circ\text{C}$  – расчётный перепад температур в отопительной сети;

$\epsilon_n, \epsilon_o$  – безразмерные тепловые производительности отопительного подогревателя и отопительной системы.

Как правило, при независимом присоединении отопительных систем расход воды в отопительной сети остаётся постоянным, т. е.  $\Phi_o = 1$ .

Величина  $\epsilon_n$  рассчитывается по уравнению:

$$\epsilon_n = \frac{1}{0,35 \cdot \frac{G_m}{G_6} + 0,65 + \frac{1}{\Phi_n} \cdot \sqrt{\frac{G_m}{G_6}}} \leq 1, \tag{6}$$

где  $G_m = 53,36 \text{ т/ч}$ ;  $G_6 = 61,88 \text{ т/ч}$  — расчётные расходы меньшей (греющей) и большей (нагреваемой) сред в отопительном подогревателе в точке излома температурного графика;

$\Phi_n = 4,79$  — параметр отопительного подогревателя, определён при подборе пластинчатых подогревателей Alfa Laval по методике [2, 3].

Безразмерная производительность отопительной системы:

$$\epsilon_o = \frac{1}{\frac{0,5 + u}{1 + u} + \frac{\Delta t_o}{\delta\tau_o} \cdot \left(\frac{Q_{op}}{Q_o}\right)^{0,2} \cdot \left(\frac{t_{вр} - t_{но}}{t_{вр} - t_n}\right)^{0,2}}. \tag{7}$$

Отношение  $Q_{op}/Q_o$  в первом приближении принимают равным 1. После этого при известном значении  $\tau_1$  рассчитывают величину  $Q_{op}/Q_o$  по уравнению (5) и далее расчёт повторяют до увязки  $Q_{op}/Q_o$  с заданной точностью. Внутреннюю температуру в помещениях определяют по формуле (3).

На рис. 7 показано, на какую величину изменяется внутренняя температура в помещениях при снижении расхода сетевой воды на отопительный подогреватель. Как следует из рисунка, эта величина при одних и тех же значениях  $\Phi_n$  зависит от  $t_n$ .

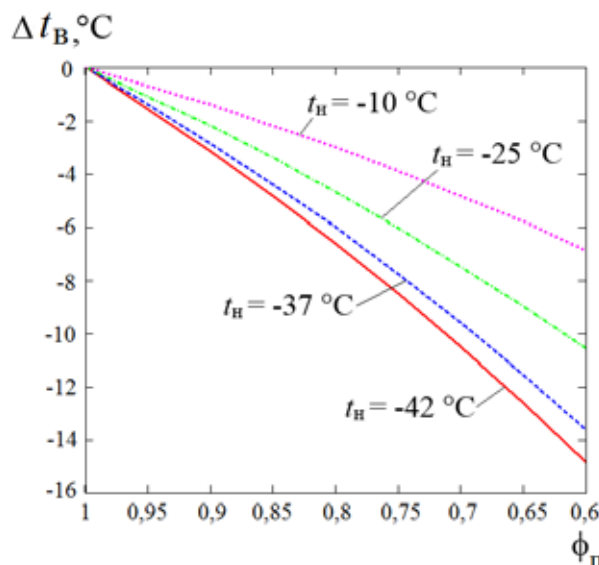


Рис. 7. Изменение температуры воздуха в отапливаемых помещениях  $\Delta t_v$  при изменении относительного расхода сетевой воды на отопительный подогреватель  $\Phi_n$

На рис. 8 для независимой схемы показаны значения относительных расходов воды на отопительный подогреватель  $\Phi_{\text{п}}$ , компенсирующие отклонения температуры сетевой воды  $\Delta\tau_1$  от требуемой по температурному графику  $\tau_{1\text{тр}}$ .

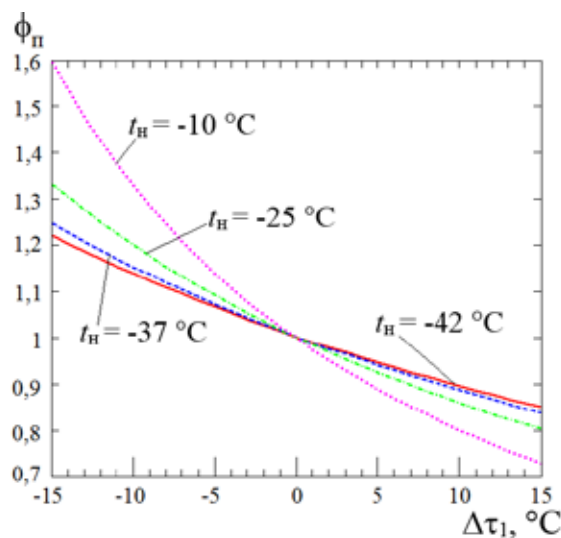


Рис. 8. Относительные расходы сетевой воды на отопительный подогреватель  $\Phi_{\text{п}}$ , компенсирующие отклонения температуры воды в подающей магистрали теплосети на величину  $\Delta\tau_1$

Поскольку величина изменения внутренней температуры  $\Delta t_{\text{в}}$  при одних и тех же изменениях расхода сетевой воды на отопительный подогреватель зависит от  $t_{\text{н}}$ , то и статический коэффициент передачи:

$$k = \Delta t_{\text{в}} / \Phi_{\text{п}} \quad (8)$$

также является переменной величиной, что необходимо учитывать при разработке и эксплуатации систем автоматического регулирования отопительной нагрузки в ЦТП.

#### Выводы.

Рассмотрены основные факторы, влияющие на температурный режим отапливаемых зданий, показана методика расчёта действия этих факторов на внутреннюю температуру воздуха в зданиях, которая является основным регулируемым параметром при регулировании отопительной нагрузки. На этой основе могут быть выбраны необходимые режимы работы систем регулирования отопительной нагрузки в ЦТП.

#### Литература:

1. Зингер, Н.М. Повышение эффективности работы тепловых пунктов / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков. — Москва: Стройиздат, 1990. — 188 с.
2. Мохов, А.И. Расчет и сравнение характеристик пластинчатых теплообменников / А.И. Мохов, Т.А. Рафальская // Молодой ученый. — 2015. — № 7. — с. 176–180.
3. Рафальская, Т.А. Тепловой и гидравлический расчет водо-водяных теплообменников систем отопления и горячего водоснабжения: учеб. пособие / Т.А. Рафальская, В.В. Бурцев; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). — Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2015. — 128 с.

## Распознавание мобильных объектов на основе эвристических данных и машинного обучения

Мухамадиева Кибриё Баходировна, ассистент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

*В статье рассмотрены технологии распознавания мобильных объектов, проблемы надежности и эксплуатации на различных обстановках.*

**Ключевые слова:** распознавание, мобильный объект, машинное обучение, алгоритм распознавания.

Распознавание транспортных средств по-прежнему затруднено для практического использования в различных реальных обстановках. Сейчас часто используются алгоритмы машинного обучения на основе общей суммы особенностей. Однако они используют только часть информации, полученной из изображений. Кроме того, для человека трудно понять классификатор, поэтому тяжело учесть отдельные ошибки распознавания.

Мы предлагаем метод, конструктивной особенностью которого является сумма иерархически структурированного знания человека, регулируемая на машинном обучении. В результате экспериментов, было достигнуто 90% случаев распознавания.

Хорошо известно, что наезд сзади наиболее распространенная причина дорожно-транспортных происшествий и занимает около трети всех несчастных случаев. Системы помощи водителю эффективны чтобы уменьшить их. Таким образом передние системы оповещения столкновения (front collision warning, FSW) или тормозные системы перед катастрофой (precrash brake system, PCS) распространены и используют волновые радары, лазерные радары или стерео камеры. В данной статье предлагается метод, сочетающий человеческую идентификацию знаний и машинного обучения для устранения этих проблем. Этот метод сочетает особенности, которые человек как кажется, использует для распознавания с параметрами, разработанными машинным обучением. Этот метод можно рассматривать как алгоритм, который заменяет краевые особенности в статье [1] [2] особенностями внешнего вида, извлеченные человеком. Этому методу нужен метод проб и ошибок в проектировании структуры, это может занять некоторое время. Однако можно эффективно использовать информацию об изображении, соответствующую объектам обнаружения. Также для человека понятны структура классификаторов, поэтому отдельные ошибки могут быть легко исправлены.

### Алгоритм распознавания

Обзор предлагаемого алгоритма для обнаружения впереди движущегося транспортного средства. После захвата изображения передней камерой, кадры стабилизируются от дрожания камеры и распознаются границы движения.

Образцы транспортного средства отыскиваются в этом районе.

Если шаблон транспортного средства не может быть найден непрерывно, вычисляется оптический поток. Это резервная процедура в случае недостающего образца автомобиля. Приближающееся транспортное средство должно быть обнаружено для предотвращения столкновения. В этом случае, оптический поток более надежен, чем шаблон распознавания. После вычисления оптического потока, они группируются и судят, приближается ли препятствие. Если это так, время до столкновения (time to collision, TTC) оценивается с помощью оптического потока. Предупреждение выдается, когда TTC становится ниже порогового набора времени движения автомобиля и времени отклика водителя.

### Описание алгоритма распознавания образов

Сначала кадры стабилизируются. На первом этапе стабилизации выполняется оценка смещения между соседними кадрами. В результате мы получаем массив матриц  $3 \times 3$ , описывающих смещение между двумя смежными кадрами. Так как оценка смещения является первым этапом стабилизации, её точность имеет решающее значение.

На следующем этапе генерируется новая последовательность кадров на основе рассчитанных смещений, после чего для повышения качества видео и устранения дефектов производится дополнительная обработка (сглаживание, устранение размытости, граничная экстраполяция.).

Алгоритм поиска смещения [3]:

1. Кадр разбивается на множество непересекающихся блоков
2. Для каждого блока текущего кадра ищется соответствующий, наиболее похожий ему блок предыдущего кадра (ссылочный блок), т. е. ищется такое смещение. Затем вычисляется край гистограммы в горизонтальном и вертикальном направлении. После этого извлекаются кандидаты прямоугольники транспортных средств, полученные путем комбинации положений пиков.

Кандидаты прямоугольники проверяются на соответствие образцов изображений транспортных средств. Шаблоны образцов изображений автомобилей формируются в 2 слоя, так чтобы они могли гибко адаптироваться



к колебаниям освещенности и появления транспортных средств в различных окружающих средах. Нижний слой выражает каждую часть внешнего вида транспортного средства, например, контур, тень шины, задние фонари. Верхний слой выражает совокупность этих частей, так что они могут быть признаны в качестве транспортных средств. Комбинация появления частей изменяется в зависимости от условия освещения, класса автомобиля, погоды и т. д. Таким образом, подготавливаются различные комбинации моделей внешнего вида со статистической вероятностью выше определённого уровня. Мы не использовали общую сумму особенностей, таких как, но мы разработали специфические особенности появления элементов транспортных средств, используемых человеком для различения.

На основе структурированного человеческого знания различать автомобили и были статистически разработаны

классификаторы машинного обучения с применением Real Adaboost. Метод был приспособлен и оценен для изображений в фактической окружающей среде и выполнения признания было количественно оценено. Было достигнуто 91,2% правильного распознавания, хотя есть некоторые возможности для улучшения, кроме того путем добавления еще одной особенности, количество обучающих образцов может быть отобрано, структурировав функцию величин, полученных от человеческого знания, таким образом, классификаторы могут быть разработаны с относительно меньшим количеством образцов изображений. В дальнейшем функции особенностей будут улучшены, так что производительность распознавания будет увеличена. Кроме того, этот метод может быть применен в различным объектам которые должны быть распознаны, таким образом мы постараемся применить его к другим системам в будущем.

#### Литература:

1. T. Akita, Y. Yamada: Image Recognition of Vehicle Applying Fusion of Structured Heuristic Knowledge and Machine Learning, Second International Symposium on Future Active Safety Technologic toward zero traffic accident on September 25, 2013.
2. T. Mitsui, Y. Yamauchi and H. Fujiyoshi: Human Detection by Two Stages Adaboost with Joint HOG, The 14th Symposium on Sensing via Image Information, IN106 (2008).
3. Michal Irani and P. Anandan: About Direct Methods, ICCV Workshop on Vision Algorithms, pages 267-277, 1999.

# Молодой ученый

Международный научный журнал  
Выходит два раза в месяц

№ 9 (113) / 2016

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметов И. Г.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Каленский А. В.  
Куташов В. А.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Абдрасилов Т. К.  
Авдеюк О. А.  
Айдаров О. Т.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Жураев Х. О.  
Игнатова М. А.  
Калдыбай К. К.  
Кенесов А. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кузьмина В. М.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Матвиенко Е. В.  
Матроскина Т. В.  
Матусевич М. С.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Паридинова Б. Ж.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенцов А. Э.  
Сениюшкин Н. С.  
Титова Е. И.  
Ткаченко И. Г.

Фозилов С. Ф.

Яхина А. С.

Ячинова С. Н.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Ахмеденов К. М. (Казахстан)  
Бидова Б. Б. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Демидов А. А. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Жолдошев С. Т. (Кыргызстан)  
Игисинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Кайгородов И. Б. (Бразилия)  
Каленский А. В. (Россия)  
Козырева О. А. (Россия)  
Колпак Е. П. (Россия)  
Куташов В. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Рахматуллин Р. Ю. (Россия)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Руководитель редакционного отдела:** Кайнова Г. А.

**Ответственные редакторы:** Осянина Е. И., Вейса Л. Н.

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я., Голубцов М. В., Майер О. В.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

**почтовый:** 420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231;

**фактический:** 420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Подписано в печать 27.05.2016. Тираж 500 экз.

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